



TUGAS AKHIR - TK145501

PEMBUATAN BIOETANOL DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN SINGKONG RACUN MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIS DAN FERMENTASI

Dikko Candra Priatna
NRP. 2314 030 047

Firman Aditya
NRP. 2314 030 104

Dosen Pembimbing
Ir. Elly Agustiani, M.Eng.
NIP. 19580819 198503 2 002

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - TK145501

PEMBUATAN BIOETANOL DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN SINGKONG RACUN MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIS DAN FERMENTASI

Dikko Candra Priatna
NRP. 2314 030 047

Firman Aditya
NRP. 2314 030 104

Dosen Pembimbing
Ir. Elly Agustiani, M.Eng.
NIP. 19580819 198503 2 002

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - TK145501

**THE DEVELOPMENT OF BIOETHANOL FROM
BANANA PEEL AND POISON CASSAVA BY USING
ENZYMATIC HYDROLYSIS METHOD AND
FERMENTATION**

Dikko Candra Priatna
NRP. 2314 030 047

Firman Aditya
NRP. 2314 030 104

Dosen Pembimbing
Ir. Elly Agustiani, M.Eng.
NIP. 19580819 198503 2 002

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
DEPARTMENT INDUSTRIAL OF CHEMICAL
ENGINEERING
Faculty Of Vocation
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PEMBUATAN BIOETANOL DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN
SINGKONG RACUN MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIS
DAN FERMENTASI

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Dikko Candra Printna
Firman Aditya

(NRP 2314 030 047)
(NRP 2314 030 104)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Ir. Elly Agustiani, M.Eng
NIP. 19580819 198503 2 002

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 26 JULI 2017

LEMBAR REVISI


Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir
pada tanggal 12 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul
**“Pembuatan Bioetanol Dari Campuran Kulit Pisang dan
Singkong Racun Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatis
Dan Fermentasi”**, yang disusun oleh :

Dikko Candra Priatna
Firman Aditya

(NRP 2314 030 047)
(NRP 2314 030 104)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd


.....

2. Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT.


.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Elly Agustiani, M.Eng


.....

SURABAYA, 26 JULI 2017

KATA PENGANTAR



Puja dan puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala nikmat yang telah dilimpahkanNya, sholawat serta salam tak lupa selalu kami haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Tiada pertolongan kecuali atas rahmad Allah lah, kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir kami dengan judul “Pembuatan Bioetanol Dari Campuran Kulit Pisang dan Singkong Racun Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatis Dan Fermentasi”.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi tugas mata kuliah Tugas Akhir yang ditempuh pada semester VI Program Studi DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS.

Dalam penyusunan ini, kami banyak mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas anugerah berupa kesehatan dan kemudahan yang diberikan kepada kami sehingga dapat membantu kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak dan Ibu tercinta atas do’a dan dukungan moral untuk dapat menyelesaikan kuliah dengan baik.
3. Kepala Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS, Ir. Agung Subyakto, MS.
4. Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS, Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.

5. Koordinator Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS, Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT.
6. Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan kami selama menyelesaikan Laporan Tugas Akhir, Ir. Elly Agustiani, M.Eng.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya, baik dari segi moril maupun materiil.

Kami menyadari bahwa “tak ada gading yang tak retak”, masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan kami dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu kami sangat mengharapkan berbagai saran dan kritik yang sekiranya dapat membawa kami ke arah yang lebih baik. Terima kasih atas perhatiannya, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang berarti, baik bagi kami sendiri maupun bagi yang membacanya. Amin.

Surabaya, 3 Juli 2017

Penulis

PEMBUATAN BIOETANOL DARI CAMPURAN KULIT PISANG DAN SINGKONG RACUN MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIS DAN FERMENTASI

Nama Mahasiswa : 1. Dikko Candra P. 2314 030 047
2. Firman Aditya 2314 030 104
Departemen : Departemen Teknik Kimia Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Elly Agustiani M.Eng.

ABSTRAK

*Bioetanol (C_2H_5OH) adalah etanol yang dibuat dari fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Prosedur pembuatan bioetanol terdiri dari empat tahap, yaitu tahap pretreatment kulit pisang dan singkong racun, tahap hidrolisis enzimatis, tahap fermentasi, dan tahap destilasi. Pada tahap pretreatment kulit pisang, menghaluskan kulit pisang dengan menggunakan blender untuk didapatkan 50 gram bubur kulit pisang. Pada tahap pretreatment singkong racun, langkah pertama ialah membersihkan kulit dan memotong singkong racun. Membuat filtrat singkong racun dan mengeringkan endapan sehingga diperoleh kadar air sebesar $\pm 1\%$. Menimbang endapan/tepung singkong racun sebanyak 100 gram. Pada tahap hidrolisis, hasil pretreatment dicampur dalam erlenmeyer dengan volume tertentu, lalu tambahkan air sampai volume tertentu. Kemudian masukkan Enzim StargenTM 002 dengan volume tertentu sesuai variabel. Pada tahap fermentasi, campuran bubur kulit pisang dengan singkong racun yang telah dihidrolisis, ditambahkan dengan fermipan (*Saccharomyces cerevisiae*) beserta nutrient sebesar 1,3% dari pelarut, lalu diaduk sampai homogen Selanjutnya larutan difermentasikan selama 1 hari, 3 hari, 5 hari, 6 hari dan 7 hari (sesuai dengan perlakuan). Pada tahap destilasi, larutan fermentasi dimasukkan ke dalam labu destilasi. Temperatur pemanas dijaga pada suhu 78-80°C. Proses destilasi dilakukan selama 1,5-2 jam sampai etanol tidak menetes lagi. Mengukur destilat (etanol) yang didapat. Dari percobaan pembuatan bioetanol ini, hasil terbaik diperoleh pada variabel perbandingan bahan kulit pisang:singkong racun= 1:3 dimana parameter ketampakan/uji visual jernih dan terang serta tidak ada endapan, pH sebesar 8,37, berat jenis/density 0,787, kadar Cl⁻ 3,55 ppm, dan kadar Metanol 2,16 ppm yang telah memenuhi standar sesuai SNI bioetanol.*

Kata kunci: Bioetanol, Enzim StargenTM 002, Fermentasi, Singkong Racun dan Kulit Pisang.

THE DEVELOPMENT OF BIOETHANOL FROM BANANA PEEL AND POISON CASSAVA BY USING ENZYMATIC HYDROLYSIS METHOD AND FERMENTATION

Name : 1. Dikko Candra P. 2314 030 047
2. Firman Aditya 2314 030 104
Department : Departement Of Industrial Chemical Engineering
Supervisor : Ir. Elly Agustiani, M.Eng.

ABSTRACT

Bioethanol (C_2H_5OH) is an ethanol made from the fermentation of sugars from carbohydrate sources using the aid of microorganisms. Bioethanol manufacturing procedure consists of four stages, namely pretreatment stage of banana peel and poison cassava, enzymatic hydrolysis stage, fermentation stage, and distillation stage. At the pretreatment stage of banana peel, smoothing banana peel using blender to get 50 gram of banana peel. At the pretreatment stage of cassava poison, the first step is to clean the skin and cut cassava toxins. Making filtrate of cassava toxic and drying the sediment so as to obtain water content of $\pm 1\%$. Considering the deposits / cassava flour as much as 100 grams of poison. At the hydrolysis stage, the pretreatment results are mixed in erlenmeyer with a certain volume, then add water to a certain volume. Then enter StargenTM 002 Enzyme with the corresponding variable volume. At the fermentation stage, a mixture of banana peel with hydrolyzed toxic cassava is added with fermipan (*Saccharomyces cerevisiae*) along with a nutrient of 1.3% of the solvent, then stirred until homogeneous. The solution is fermented for 1 day, 3 days, 5 days, 6 Day and 7 days (according to treatment). At the distillation stage, the fermentation solution is introduced into the distillation flask. The heating temperature is maintained at a temperature of 78-80°C. The distillation process is carried out for 1.5-2 hours until ethanol does not drip again. Measure the distillate (ethanol) obtained. From the experiment of making this bioethanol, the best result was obtained on banana leaf comparison variable: cassava poison = 1: 3 where the parameter of visual / clear viscousness / test and no sediment, pH 8.37, density 0,787, Cl - 3.55 ppm, and Methanol 2.16 ppm which has met the standard in accordance with SNI bioethanol.

Keywords: Bioethanol, StargenTM 002 Enzyme, Fermentation, Cassava and Banana Leather.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR REVISI	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR GRAFIK	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
2.2 Rumusan Masalah	I-2
3.3 Batasan Masalah	I-2
4.4 Tujuan Inovasi Produk.....	I-2
5.5 Manfaat Inovasi Produk.....	I-2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bioetanol	II-1
2.2 Proses Pembuatan	II-6
2.3 Manfaat Bioetanol	II-13
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	
3.1 Tahap Pelaksanaan	III-1
3.2 Bahan Yang Digunakan	III-1
3.3 Peralatan Yang Digunakan	III-1
3.4 Variabel Yang Dipilih	III-1
3.5 Prosedur Percobaan	III-2
3.6 Diagram Blok Proses Pembuatan.....	III-5
BAB IV HASIL INOVASI DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Inovasi	IV-1

BAB V NERACA MASSA

5.1 Neraca Massa Pretreatment (<i>Blending</i>)	
Kulit Pisang.....	V-1
5.2 Neraca Massa Pretreatment (Penepungan)	
Singkong Racun.....	V-2
5.3 Neraca Massa Hidrolisis Enzimatis	V-3
5.4 Neraca Massa Fermentasi	V-4
5.5 Neraca Massa Destilasi	V-5
5.6 Neraca Massa Kondensor	V-7

BAB VI NERACA PANAS

6.1 Neraca Panas Destilasi	VI-1
6.2 Neraca Panas Kondensor	VI-2

BAB VII ESTIMASI BIAYA

7.1 Estimasi Biaya	VII-1
--------------------------	-------

BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN

VIII-1

DAFTAR PUSTAKA

x

APPENDIKS A

APPENDIKS B

APPENDIKS C

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Limbah Kulit Pisang dari Pabrik Keripik di Kota Malang, Jawa Timur	II-4
Gambar 3.1	Seperangkat Alat Destilasi	III-6

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Kulit Pisang	IV-13
Grafik 4.2 Singkong Racun	IV-13
Grafik 4.3 1:1	IV-14
Grafik 4.4 1:2	IV-14
Grafik 4.5 1:3	IV-15
Grafik 7.1 Grafik BEP	VII-5

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Bioetanol	II-4
Tabel 2.2 Kandungan Kulit Pisang	II-5
Tabel 2.3 Kandungan Singkong Racun	II-5
Tabel 2.4 Perbandingan Hidrolisis Kimiawi dengan Hidrolisis Enzim	II-8
Tabel 7.1 Investasi Bahan Baku Habis Pakai	VII-1
Tabel 7.2 Investasi Alat	VII-2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah etanol yang dibuat dari fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Adapun manfaat dari pemakaian gasohol di Indonesia yaitu memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair, mengurangi impor BBM, menguatkan *security of supply* bahan bakar, meningkatkan kesempatan kerja, berpotensi mengurangi ketimpangan pendapatan antar individu dan antar daerah, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri mengurangi kecenderungan pemanasan global dan pencemaran udara (bahan bakar ramah lingkungan).

Saat ini, penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar menjadi sangat penting. Semakin sedikitnya sumber energi fosil yang ada di bumi dan semakin tingginya pencemaran lingkungan menjadi faktor utama dibutuhkannya energi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan bioetanol menjadi bahan bakarkendaraan dapat menjadi sebuah alternatif yang aman, karena sumbernya berasal dari tumbuhan dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Menurut Badger (2006), produksi secara domestik dan penggunaan etanol sebagai bahan bakar dapat menurunkan ketergantungan pada minyak yang berasal dari luar, mengurangi defisit perdagangan, menciptakan lapangan kerja di daerah pedesaan, mengurangi polusi udara, dan



mengurangi perubahan iklim global akibat bertambahnya karbon dioksida. Etanol, tidak seperti bensin, adalah bahan bakar yang mengandung 35% oksigen, yang dapat mengurangi partikulat dan emisi NO_x dari proses pembakaran. Meskipun memiliki berbagai keuntungan, produksi bioetanol juga dapat menimbulkan masalah. Bahan baku pembuatan bioetanol seperti tebu, jagung, dan singkong merupakan tanaman pangan yang banyak dikonsumsi masyarakat.

Di Indonesia, produksi bioetanol sebagian besar menggunakan tetes tebu (*molasses*) yang merupakan hasil samping dari produksi gula. Sehingga tidak akan mempengaruhi ketersediaan tebu. Selain tebu, bioetanol di Indonesia juga diproduksi dari singkong. Namun, jenis singkong yang digunakan ialah singkong hibrida yang merupakan hasil penilangan antara singkong karet dan singkong biasa. Selain singkong hibrida, jenis singkong lain yang dapat digunakan untuk produksi bioetanol ialah singkong pahit atau singkong racun.

Singkong ini disebut pahit atau racun karena tingginya kadar racun sianida yang terdapat didalamnya, terutama pada bagian umbi. Setiap jenis singkong memang mengandung senyawa sianida, hanya kadarnya yang berbeda-beda. Pada singkong pahit, kadar racunnya hampir 50 kali lipat dibandingkan dengan singkong yang biasa dikonsumsi masyarakat.

Tingginya kadar racun sianida yang terdapat pada umbi singkong pahit menyebabkan kurang dimanfaatkan sebagai bahan untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, singkong pahit memiliki peluang yang sangat besar untuk diolah menjadi bioetanol karena selain tidak dikonsumsi masyarakat mempunyai kadar pati yang tidak kalah tinggi



dibandingkan dengan singkong biasa. Berdasarkan *Integrated Cassava Project* (2005), singkong yang mengandung 30% pati akan menghasilkan sekitar 280 liter alkohol/ton, sedangkan singkong yang mengandung 20% pati hanya akan menghasilkan 180 liter alkohol/ton. Sedangkan menurut Nurdyastuti (tanpa tahun), singkong dapat menghasilkan etanol sebanyak 166,6 liter/ton. Dengan kata lain, perbandingan bahan baku dengan etanol yang dihasilkan adalah 6,5:1.

Pisang dengan nama Latin *Musa paradisiacal* merupakan jenis buah-buahan tropis yang sangat banyak dihasilkan di Indonesia (Anonymous, 1978). Dari keseluruhan jumlah tersebut terdapat jenis buah pisang yang sering diolah dalam bentuk gorengan, salah satunya pisang kepek. Kulit dari buah pisang kepek biasanya oleh masyarakat hanya dibuang dan hal itu menjadi permasalahan limbah di alam karena akan meningkatkan keasaman tanah dan mencemarkan lingkungan.

Kulit pisang merupakan salah satu sumber daya yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan untuk bioetanol. Pisang mengalami perjalanan dan sejarah panjang yang dimulai dari hutan di Asia Tenggara hingga menjadi salah satu buah paling populer di dunia. Para ahli berpendapat bahwa buah ini merupakan yang pertama dibudidayakan oleh manusia dan mendahului budidaya padi. Budidaya pisang diyakini pertama kali dilakukan di dataran tinggi Papua Nugini. Disamping dari buah pisang yang kaya akan nutrisi dan karbohidrat, kulit pisang berpotensi menjadi bahan baku untuk pengembangan bioetanol. Kebutuhan bioetanol sampai dengan tahun 2010 tergolong cukup tinggi yaitu mencapai 1,8 juta kilo liter (*Mingguan Agro Indonesia*, 2010).



1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara pembuatan bioetanol dari campuran kulit pisang dan singkong racun?
2. Bagaimana hasil pembuatan bioetanol sesuai dengan SNI?

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan baku yang digunakan untuk fermentasi etanol adalah limbah kulit pisang dan singkong racun.
2. Enzim yang digunakan dalam proses hidrolisis adalah enzim StargenTM 002 dan mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat pada fermipan dalam proses fermentasi.

1.4 Tujuan Inovasi Produk

1. Mengetahui pembuatan bioetanol dari campuran kulit pisang dan singkong racun.
2. Mendapatkan bioetanol dengan kemurnian 70-90% sesuai pasaran (SNI).

1.5 Manfaat Inovasi Produk

1. Kulit pisang dan singkong racun dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.
2. Limbah kulit pisang dan singkong racun memiliki nilai ekonomis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioenergi adalah energi yang diperoleh dari biomassa sebagai fraksi produk biodegradasi, limbah, dan residu dari pertanian (berasal dari nabati dan hewani), industri kehutanan dan terkait, dan sebagian kecil biodegradasi dari limbah industri dan kota (FAO). Bioenergi berperan penting pada pencapaian target dalam menggantikan petroleum didasarkan pada bahan bakar transportasi dengan bahan bakar alternatif dan pereduksian emisi karbon dioksida dalam jangka panjang (*Batma, 2014*). Bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber daya gula sederhana, pati dan selulosa. Setelah melalui proses fermentasi dihasilkan etanol. Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai turunan senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan nama C_2H_5OH . Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. Secara garis besar penggunaan etanol adalah : sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan bakar industri asam cuka, ester, spirtus, asetaldehid, antiseptik, dan sebagai bahan baku pembuatan eter dan etil ester. Etanol juga untuk campuran minuman dan dapat digunakan sebagai bahan bakar (gasohol). Pada tekanan $>0,1$ bar (11,5 kPa) etanol dan air dapat membentuk larutan azeotrop (larutan yang mendidih seperti campuran murni, komposisi dan cairan sama). Reaksinya adalah $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$.



Karena proses pembuatan bioetanol meliputi fermentasi dan berbahan dasar biomassa, maka bioetanol juga dapat diartikan sebagai cairan biokimia dari proses fermentasi gula (sumber karbohidrat) dengan menggunakan bantuan mikroorganisme.

Salah satu fungsi alkohol adalah sebagai *octane booster* artinya etanol, mampu menaikkan nilai oktan secara positif terhadap efisiensi bahan bakar. Fungsi lain ialah *oxygenating agent*, yakni alkohol mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran bahan dengan efek positif meminimalkan pencemaran udara. Karena bioetanol ini dapat dicampur dengan bensin, maka bioetanol juga dapat berfungsi sebagai penghemat bahan bakar fosil (Timnas BBN, 2007).

pengganti bahan bakar fosil adalah dengan bioenergi seperti bioetanol. Bioetanol adalah bahan bakar nabati yang tak pernah habis selama matahari masih memancarkan sinarnya, air tersedia, oksigen berlimpah, dan kita mau melakukan budidaya pertanian (Yakinudin, 2012).

Bioetanol dapat dikonversi dari sumber daya alam terbarukan yang mengandung bahan lignoselulosa. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi (gula, pati, selulosa, dan hemiselulosa), seperti tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami, dan bagas (ampas tebu) (Batma, 2014).

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Bioetanol

Parameter	Nilai
Rumus Kimia	C_2H_5OH
Berat Molekul	46



Densitas (gr/ml)	0,7851
Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	78,4
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	13
Titik Beku ($^{\circ}\text{C}$)	-112,4
Indeks Bias	1,3633
Panas Evaporasi (cal/gr)	204
Viskositas pada 20° (Poise)	0,0122

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, (1994)

Etanol memiliki satu molekul OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang berikatan di dalam molekul etanol tersebut membantu penyempurnaan pembakaran antara campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder. Ditambah dengan rentang keterbakaran (flammability) yang lebar, yakni 4.3 – 19 vol% (dibandingkan dengan gasoline yang memiliki rentang keterbakaran 1.4 – 7.6 vol%), pembakaran campuran udara dan bahan bakar etanol menjadi lebih baik (Yakinudin, 2012).

2.1.1 Kulit Pisang



Gambar 2.1 Limbah Kulit Pisang dari Pabrik Keripik di Kota Malang, Jawa Timur



Amilum atau dalam bahasa sehari-hari disebut pati terdapat dalam berbagai jenis tumbuh-tumbuhan yang disimpan dalam akar, batang buah, kulit, dan biji sebagai cadangan makanan. Pati adalah polimer D-glukosa dan ditemukan sebagai karbohidrat simpanan dalam tumbuh-tumbuhan, misalnya ketela pohon, pisang, jagung, dan lain-lain (Poedjiadi A, 1994).

Kulit pisang kepok digunakan karena mengandung karbohidrat. Karbohidrat tersebut diurai terlebih dahulu melalui proses hidrolisis kemudian di fermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cereviseae* menjadi alkohol. Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan dari fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol diartikan juga sebagai bahan kimia yang diproduksi dari bahan pangan yang mengandung pati, seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Komposisi kulit pisang ditunjukkan pada tabel 1.

Terdapat pabrik pembuatan keripik pisang yang berlokasi di daerah Kota Malang, Jawa Timur. Pabrik ini kira-kira dapat memproduksi sekitar 100 ton buah pisang per hari nya. Dengan produksi per hari mencapai 100 ton, maka limbah pisang yang dihasilkan yaitu mencapai 5-7 ton per harinya. Angka ini sudah mencakup dari daun, tangkai dan kulit pisang. Sedangkan untuk kulit pisang sendiri limbah nya mencapai 4 ton yang dihasilkan per hari dari 100 ton buah pisang.

**Tabel 2.2 Kandungan Kulit Pisang**

Unsur	Komposisi
Air	69,80 %
Karbohidrat	18,50%
Lemak	2,11%
Protein	0,32%
Kalsium	715mg/100gr
Pospor	117mg/100gr
Besi	0,6mg/100gr
Vitamin B	0,12mg/100gr
Vitamin C	17,5mg/100gr

Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Jatim, Surabaya (1982)

Berdasarkan **Tabel 2.2**, komposisi terbanyak kedua pada kulit pisang adalah karbohidrat. Mengingat akan hal tersebut dan prospek yang baik di masa yang akan datang, maka penyusun mencoba mencari peluang untuk memanfaatkan kulit pisang sebagai bahan baku dalam pembuatan bioethanol.

2.1.2 Singkong Racun

Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah memanfaatkan pati yang terkandung dalam ubi racun (*Manihot glaziovii*). Ubi racun merupakan salah satu jenis ubi pohon yang mengandung senyawa beracun, yaitu asam sianida (HCN), sehingga tidak diperjualbelikan dan kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Tanaman ubi karet ini dapat menghasilkan ubi dengan berat hampir empat kali lipat dibandingkan ubi biasa sehingga apabila dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol sangat layak dari segi ketersediaannya, artinya untuk ketersediaan sebagai bahan



baku baku cukup aman. Kandungan pati dalam umbi dapat dikonversi menjadi bioetanol.

Ubi racun ini terdapat di daerah Pandaan, Kabupaten Pasuruan. Di daerah ini ubi racun yang memang tidak layak dikonsumsi, dijadikan bahan baku untuk pembuatan kertas pada PT.Sampoerna. Ubi racun ini ditanam di perkebunan milik penduduk yang berlokasi di sekitar pabrik. Perkebunan ubi racun milik penduduk sekitar memiliki luas lahan sekitar 50 hektar. Dengan satu hektar tanah dapat menghasilkan sekitar 40 sampai 60 ton ubi racun.

Tabel 2.3 Kandungan Singkong Racun

No.	Analisa	Kadar 100% BK
1	Kadar Abu	0,4734
2	Kadar Lemak Kasar	0,5842
3	Kadar Serat Kasar	0,0067
4	Kadar Protein Kasar	0,4750
5	Kadar Karbohidrat	98,4674

Sumber: Laboratorium Ilmu Makanan Ternak FP Undip (2013)

2.2 Proses Pembuatan

Secara umum, proses pengolahan bahan berpati seperti ubi kayu, jagung dan sagu untuk menghasilkan bioetanol dilakukan dengan proses sebagai berikut:

1. *Pre-treatment*

Proses pembuatan bioetanol dimulai dengan pencucian dengan air panas, dan penggilingan. Penggilingan disini berfungsi untuk menghaluskan ubi kayu agar menjadi granul-granul yang lebih kecil. Untuk pembentukan bubur yang disebut larutan pati, ubi kayu yang telah halus



dicampurkan dengan air dalam mixer. Granular pati dibuat membengkak akibat peningkatan volume oleh air dan tidak dapat kembali lagi ke kondisi semula. Perubahan inilah yang disebut gelatinisasi. Suhu pada saat granular pecah disebut suhu gelatinisasi yang dapat dilakukan dengan adanya panas. Gelatinisasi, yaitu memecah pati yang berbentuk granular menjadi suspensi yang viscous. Viskositas larutan pati akan meningkat drastis bila mengalami pemanasan disertai pengadukan hingga mencapai suhu sekitar 80°C. Suhu dimana larutan pati mulai mengental disebut suhu gelatinisasi.

2. Proses hidrolisis

Salah satu cara pembuatan glukosa adalah dengan proses hidrolisis pati. Pati adalah karbohidrat yang berbentuk polisakarida berupa polimer anhidro monosakarida dengan rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Komponen utama penyusun pati adalah amilosa dan amilopektin (*Artati, 2006*).

Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa $(C_6H_{12}O_6)$. Pemutusan rantai polimer tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatik, kimiawi ataupun kombinasi keduanya. Hidrolisis secara enzimatik memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dan fisik dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati. Hidrolisis secara kimiawi dan fisik akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatik akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu (*Musanif, 2008*).

Enzim yang digunakan adalah alfa-amilase pada tahap likuifikasi, sedangkan tahap sakarifikasi digunakan enzim glukoamilase.

- Likuifikasi

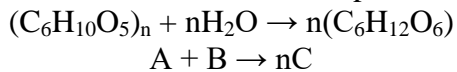


Tahap liquifikasi secara enzimatis merupakan proses hidrolisa pati menjadi dekstrin oleh enzim pada suhu diatas suhu gelatinisasi dan pH optimum aktivitas enzim, selama waktu yang telah ditentukan untuk setiap jenis enzim. Proses liquifikasi selesai ditandai dengan parameter dimana larutan menjadi lebih encer seperti sup.

- Sakarifikasi

Tahap sakarifikasi adalah tahap pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana dengan penambahan enzim glukoamilase. Pada tahap ini dekstrin diubah menjadi glukosa (*Rahmayanti, 2010*).

Menurut (*Artati, 2006*), hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Pada reaksi hidrolisis pati dengan air, air akan menyerang pati pada ikatan 1-4 α glukosida menghasilkan dextrin, sirup atau glukosa tergantung pada derajat pemecahan rantai polisakarida dalam pati. Tetapi reaksi antara air dan pati ini berlangsung sangat lambat, sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar keaktifan air. Katalisator ini berupa asam maupun enzim. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat, dan asam sulfat. Berikut reaksi hidrolisis pati:



Faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis pati antara lain: suhu reaksi, waktu reaksi, pencampuran pereaksi, konsentrasi katalisator, dan kadar suspensi pati (*Artati, 2006*).



Hidrolisis pati dapat dilakukan dengan dua cara, yakni dengan bantuan enzim, dan dengan bantuan katalisator asam atau basa. Berikut beberapa penjelasannya:

a. Hidrolisis Kimiawi

Proses hidrolisis kimiawi, yaitu dengan penambahan asam klorida dapat memperpendek waktu, mempermudah dan mengurangi biaya pembuatan. Hidrolisis secara kimiawi akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatis akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu (*Musanif, 2008*).

Hidrolisis asam encer menggunakan asam mineral seperti H_2SO_4 dan HCl , pada suhu antara $120-200^{\circ}C$ (*Irawan, 2012*).

Metode hidrolisis menggunakan asam memiliki kelemahan diantaranya tidak ramah lingkungan, karena residu yang dihasilkan dari proses hidrolisis asam akan mencemari lingkungan. Hidrolisis asam juga bersifat toksik apabila terhirup dalam waktu yang lama sehingga terakumulasi dalam tubuh dan menyebabkan berbagai penyakit. Proses hidrolisis menggunakan katalis asam hanya menghidrolisis secara acak dan juga memerlukan suhu yang sangat tinggi, yaitu $120^{\circ}C-160^{\circ}C$ agar hidrolisis dapat terjadi (*Anonim, 2009*).

Metode hidrolisis asam memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lain karena prosesnya mudah dan bahan baku yang mudah didapatkan dan murah yaitu pati, HCl dan air. Dalam metode hidrolisis asam, prosesnya dipengaruhi oleh waktu hidrolisis dan konsentrasi asam yang digunakan (*Jati, 2006*).

b. Hidrolisis Enzimatis

Hidrolisis secara enzimatis dapat menghasilkan asam-asam amino bebas dan peptida dengan rantai pendek yang bervariasi. Hidrolisa menggunakan enzim mempunyai



keuntungan berupa derajat konversi yang tinggi, pembentukan hasil samping yang minimal, kebutuhan energi yang rendah, dan kondisi operasi yang mudah dicapai. (Witono, 2007).

Hidrolisis enzimatis akan memutus rantai polimer secara spesifik pada percabangan tertentu (Musnif, 2008).

Modifikasi pada pati juga dapat dilakukan dengan hidrolisis enzim. Modifikasi pati dengan metode enzimatis. Pada modifikasi pati dengan metode enzimatis ini dapat dilakukan dengan berbagai tahapan yaitu likuifaksi, sakarifikasi dan isomerisasi. Langkah yang pertama adalah likuifaksi 30-40% suspensi padatan untuk menghasilkan maltodekstrin dengan menggunakan enzim α -amilase. Setelah likuifaksi dilakukan sakarifikasi menggunakan enzim glukoamilase atau pullulanase untuk menghasilkan sirup glukosa atau sirup maltosa. Hasil sakarifikasi dilakukan isomerisasi dengan enzim glukosa isomerase untuk menghasilkan sirup fruktosa. Hidrolisis dengan enzim dapat menghasilkan beberapa produk hidrolisat pati dengan sifat-sifat tertentu yang didasarkan pada nilai DE (ekuivalen dekstrosa). Nilai DE 100 adalah murni dekstrosa sedangkan nilai DE 0 adalah pati alami. Hidrolisat dengan nilai DE 50 adalah maltosa, nilai DE di bawah 20 adalah maltodekstrin, sedangkan hidrolisat dengan DE berkisar antara 20-100 adalah sirup glukosa (Bastian, 2011).

Hidrolisis menggunakan enzim akan rusak pada suhu tinggi, dan berlangsung hingga suhu 90°C. Hidrolisis menggunakan enzim menghasilkan produk yang lebih murni, biaya pemurnian yang lebih murah, dan perolehan hasil akhir hidrolisis tanpa produk-produk sampingan yang bersifat toksin atau merugikan. Hidrolisis dengan enzim bertujuan untuk membantu proses konversi pati menjadi



gula sederhana. Kelebihan hidrolisis enzim dibandingkan penggunaan asam adalah lebih ramah lingkungan dan tidak menghasilkan residu yang mencemari lingkungan (Anonim, 2007).

Hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam. Pada hidrolisis enzimatis tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, dapat berlangsung pada suhu rendah, dan memberikan hasil yang tinggi (Sutarno, 2009).

Tabel 2.4 Perbandingan Hidrolisis Kimiawi dengan Hidrolisis Enzim

	Hidrolisis kimiawi	Hidrolisis enzim
Waktu	Singkat	Lama
Biaya	Lebih hemat	Lebih mahal
Pemutusan rantai polimer	Acak	Spesifik
Hidrolisat	Sedikit	Lebih banyak
Sifat	Toksik	Ramah lingkungan
Suhu	120-160°C	90°C

3. Proses Fermentasi

Untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂. Fermentasi etanol adalah perubahan 1 mol gula menjadi 2 mol etanol dan 2 mol CO₂. Pada proses fermentasi etanol, yang sering digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae*, karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C (Musanif, 2008).



Khamir yang sering digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae*, karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C (Musanif, 2008).

Pada tahap fermentasi ini terjadi reaksi hidrolisa, dimana sukrosa diubah menjadi glukosa. Sebelum reaksi hidrolisa berlangsung, ditambahkan enzim selulase dari biakkan *Aspergillus niger* yang telah di inkubasi selama 96 jam. Persamaan reaksi hidrolisa yaitu:



Sedangkan reaksi utama adalah reaksi fermentasi, dimana glukosa diubah menjadi etanol dan air. Persamaan reaksinya adalah:



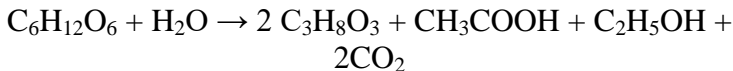
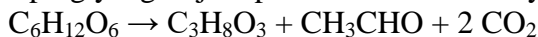
Pada main fermenter selain terbentuk etanol, juga akan terbentuk produk samping. Hasil samping dalam persen berat (%gula) adalah sebagai berikut:

Asam asetat = 0,65%

Fusel Oil = 0,85%

Asetaldehid = 0,05%

Reaksi samping yang terjadi pada main fermenter yaitu:



4. Pemurnian

Untuk memurnikan etanol hasil fermentasi dengan kadar 8,5%-9% menjadi 99,5%, yang sesuai dengan FGE (*fuel grade ethanol*). Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan destilasi untuk memisahkan etanol. Distilasi merupakan pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya. Titik didih



etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (Kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang $78\text{--}100^{\circ}\text{C}$ akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume

2.3 Manfaat Bioetanol

Menurut (Ashriyani, 2009), spesifikasi alkohol didasarkan pada kadar alkohol, dapat dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Kadar 90-96,5% adalah bioetanol yang digunakan pada industri.
2. Kadar 90-96,5% adalah bioetanol yang digunakan sebagai campuran miras dan bahan dasar industri farmasi.
3. Kadar 99,5-100%, yaitu alkohol yang digunakan bahan bakar kendaraan, oleh sebab itu harus benar-benar kering dan anhydrous supaya mesin tidak korosif.

Keunggulan-keunggulan etanol sebagai bahan bakar dibandingkan bahan bakar minyak adalah sebagai berikut:

1. Gas emisi etanol lebih ramah lingkungan karena adanya gugus OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang terdapat didalam molekul etanol tersebut membantu penyempurnaan pembakara antara campuran udara-bahan bakar didalam silinder. Selain itu, etanol memiliki rentang keterbakaran (*flammability*) yang lebar, yakni 4,3-19 vol% dibandingkan dengan gasoline yang memiliki rentang keterbakaran 1,4-7,6 vol%, membuat pembakaran campuran udara-bahan bakar etanol menjadi lebih baik. Hal ini merupakan faktor penyebab relatif rendahnya emisi CO dibandingkan dengan pembakaran udara-gasoline yakni sekitar 4%.



2. Etanol merupakan energi alternatif yang dapat diperbarui. Etanol diproduksi dari tanaman-tanaman yang mengandung biomassa (bukan dari minyak bumi). Oleh karena tanaman-tanaman tersebut dapat diperbaharui, maka tidak perlu mengkhawatirkan akan kehabisan etanol.
3. Kandungan energi etanol lebih tinggi dari gasolin. Etanol memiliki panas penguapan (*heat of vaporization*) yang tinggi, yakni 842 KJ/kg. Etanol juga memiliki angka *research octane* 108,66 dan *motor octane* 89,7. Angka tersebut (terutama *research octane*) melampaui nilai maksimal yang mungkin dicapai oleh gasolin yang sudah ditambahkan aditif tertentu pada gasolin (bensin yang dijual Pertamina memiliki angka *research octane* 88).
4. Penggunaan etanol tidak rumit. Etanol yang biasa dicampur dengan bensin dan digunakan tanpa memerlukan modifikasi mesin.

Bioetanol memiliki banyak kegunaan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan bakar.
2. Sebagai bahan dasar minuman beralkohol.
3. Sebagai bahan kimia dasar senyawa organik.
4. Sebagai antiseptik.
5. Sebagai antidote beberapa racun.
6. Sebagai pelarut untuk parfum, cat, dan larutan obat.
7. Digunakan untuk pembutan beberapa deodoran.
8. Digunakan untuk pengobatan untuk mengobati depresi dan sebagai obat bius.

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

3.1 Tahap Pelaksanaan

1. Tahap *Pretreatment* Kulit Pisang dan Singkong Racun
2. Tahap Hidrolisis Enzimatik
3. Tahap Fermentasi
4. Tahap Destilasi

3.2 Bahan Yang Digunakan

1. Air
2. Enzim StargenTM 002 Untuk Proses Hidrolisis
3. Kulit Pisang
4. *Nutrient*
5. Ragi (*Saccharomyces cereviseae*)
6. Singkong Racun
7. Fehling A dan Fehling B

3.3 Peralatan Yang Digunakan

1. Erlenmeyer
2. Gelas Ukur
3. Neraca Analitik
4. Oven
5. Spatula
6. Beaker Glass
7. Cawan
8. Seperangkat Alat Destilasi

3.4 Variabel Yang Dipilih

- Perbandingan kulit pisang:singkong racun :
 - a) 1:0



- b) 0:1
- c) 1:1
- d) 1:2
- e) 1:3
- Volume enzim (5 ; 7 ; 9; 11; dan 12 ml)
- Waktu fermentasi (1 ; 3 ; 5 ; 6 dan 7 hari)

3.5 Prosedur Percobaan

Produksi bioetanol dengan bahan baku campuran kulit pisang dan singkong racun adalah pertama tahap *pretreatment* kulit pisang dan singkong racun, proses hidrolisis enzimatik, proses fermentasi, destilasi, penentuan kadar alkohol, penentuan kadar glukosa, dan penentuan uji nilai kalor.

3.5.1 Pretreatment Kulit Pisang dan Singkong Racun

3.5.1.1 Kulit Pisang

1. Memotong kulit pisang, lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 40⁰C selama 1 jam.
2. Menghaluskan kulit pisang dengan menggunakan blender untuk didapatkan bubur kulit pisang.
3. Menimbang 50 gram bubur kulit pisang, masukkan ke dalam erlenmeyer ditambah dengan air (pelarut) dengan volume tertentu.

3.5.1.2 Singkong Racun

1. Singkong racun sebanyak ± 5 Kg dibersihkan dari kulitnya. Setelah itu, singkong racun dicuci dengan air sampai bersih.
2. Memotong singkong racun supaya didapatkan ukuran yang kecil.
3. Menghaluskan singkong racun dengan menggunakan blender dengan penambahan air sebanyak ± 500 cc.
4. Memisahkan ampas singkong racun dengan



filtratnya.

5. Mengendapkan filtrat sehingga dapat dipisahkan antara air dengan endapan.
6. Mengeringkan endapan sehingga diperoleh kadar air sebesar $\pm 1\%$.
7. Menimbang endapan/tepung singkong racun sebanyak 100 gram.

3.5.2 Proses Hidrolisis Enzimatis

1. Hasil *pretreatment* dicampur dalam erlenmeyer dengan volume tertentu, lalu tambahkan air sampai volume tertentu.
2. Kemudian masukkan Enzim StargenTM 002 dengan volume tertentu sesuai variabel.

3.5.3 Proses Fermentasi

1. Campuran bubur kulit pisang dengan singkong racun yang telah dihidrolisis, ditambahkan dengan fermipan (*Saccharomyces cerevisiae*) beserta nutrient sebesar 1,3% dari pelarut, lalu diaduk sampai homogen.
2. Setelah itu menghubungkan erlenmeyer yang berisi campuran bubur kulit pisang dengan singkong racun tersebut dengan selang karet dan ujung selang dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara.
3. Selanjutnya larutan difermentasikan selama 1 hari, 3 hari, 5 hari, 6 hari dan 7 hari (sesuai dengan perlakuan).
4. Selanjutnya memisahkan larutan dengan bubur kulit pisang sehingga diperoleh cairan alkohol + air.



3.5.4 Destilasi (Pemurnian Etanol)

1. Merangkai dan menyalakan peralatan destilasi dengan benar.
2. Cairan hasil fermentasi lalu dimasukkan ke dalam labu destilasi.
3. Temperatur pemanas dijaga pada suhu 78-80⁰C.
4. Proses destilasi dilakukan selama 1,5-2 jam sampai etanol tidak menetes lagi.
5. Mengukur destilat (etanol) yang didapat.

3.5.5 Penentuan Kadar Etanol

Untuk menganalisa kadar alkohol (etanol) yang didapat digunakan analisa *density*. Analisa *density* ini dilakukan dengan menggunakan alat piknometer, piknometer yang digunakan adalah piknometer 5 ml pada suhu kamar.

3.5.6 Penentuan Kadar Glukosa

Untuk analisa kadar glukosa yang didapat, analisa dilakukan dengan menggunakan Metode *Lane-Eynon*.

3.5.7 Penentuan Uji Nilai Kalor

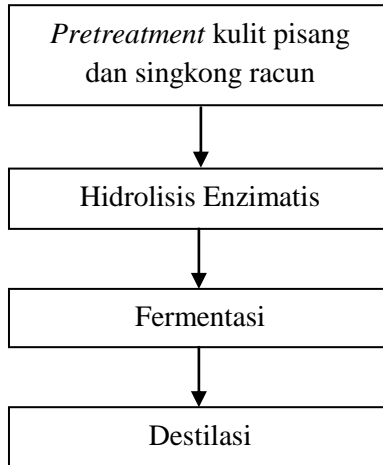
Untuk menganalisa nilai kalor yang didapat, analisa dilakukan di Laboratorium Pengolahan Air Teknik Kimia-ITS.

3.5.8 Pengujian Produk Sesuai SNI

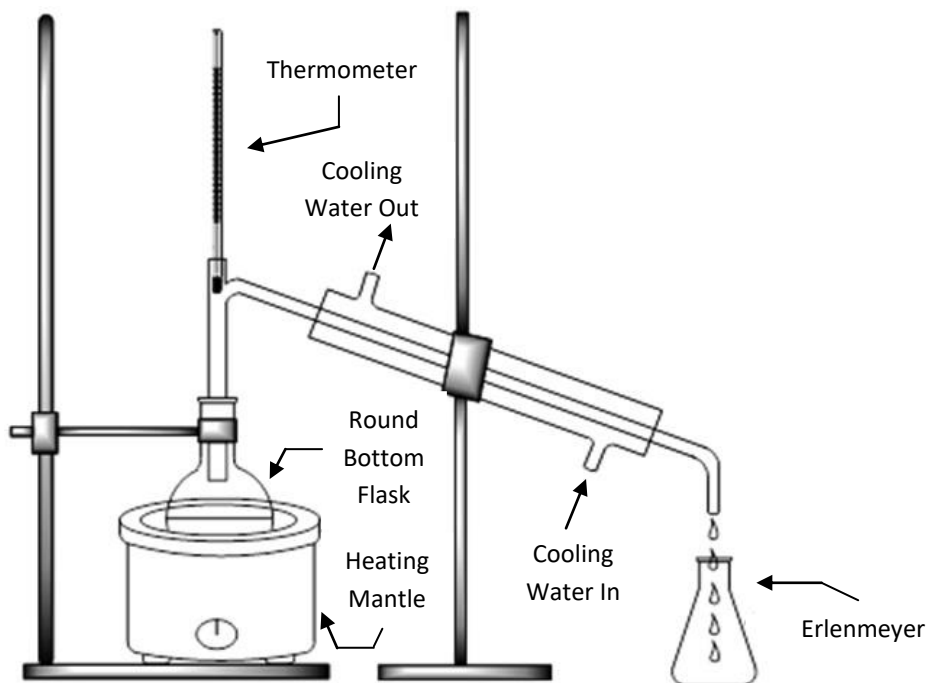
Untuk menganalisa parameter uji produk, analisa sebagian kami lakukan di Laboratorium Kimia-Fisika Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS dan sebagian kami lakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan (Baristand) Surabaya.



3.6 Diagram Blok Proses Pembuatan Bioetanol



3.7 Gambar Seperangkat Alat Destilasi



Gambar 3.1 Seperangkat Alat Destilasi

BAB IV

HASIL INOVASI DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Inovasi

Berbagai pembuatan bioetanol yang berbahan baku dari umbi-umbian, tetes tebu (*molase*), dan tanaman jagung sudah sering dan banyak dilakukan/dikembangkan. Dalam percobaan ini, kami melakukan inovasi dalam pembuatan bioetanol dengan menggunakan campuran bahan baku dari kulit pisang dan singkong racun. Alasan kami menggunakan campuran dari kedua bahan tersebut ialah dikarenakan campuran dari bahan dasar tersebut, belum ada orang yang melakukan percobaan. Selain itu, kami menggunakan bahan dasar kulit pisang dikarenakan banyak limbah kulit pisang dari pabrik keripik pisang yang tidak dimanfaatkan. Lalu, terdapat jenis singkong yang tidak layak untuk dikonsumsi oleh manusia dikarenakan singkong tersebut memiliki kandungan asam sianida (HCN) >50 ppm.

Dalam pembuatan bioetanol, kandungan unsur dari bahan baku yang paling utama ialah kandungan karbohidrat/pati. Makin banyak karbohidrat/pati yang terkandung, maka makin banyak volume dari bioetanol yang didapatkan. Karbohidrat oleh enzim, nantinya akan dikonversikan menjadi glukosa (gula sederhana) pada proses hidrolisis. Setelah terbentuk glukosa, yeast *Saccharomyces cereviceae* akan mengkonversikannya menjadi etanol. Etanol inilah merupakan produk utama dari pembuatan bioetanol. Untuk mendapatkan etanol, perlu dilakukan proses destilasi.

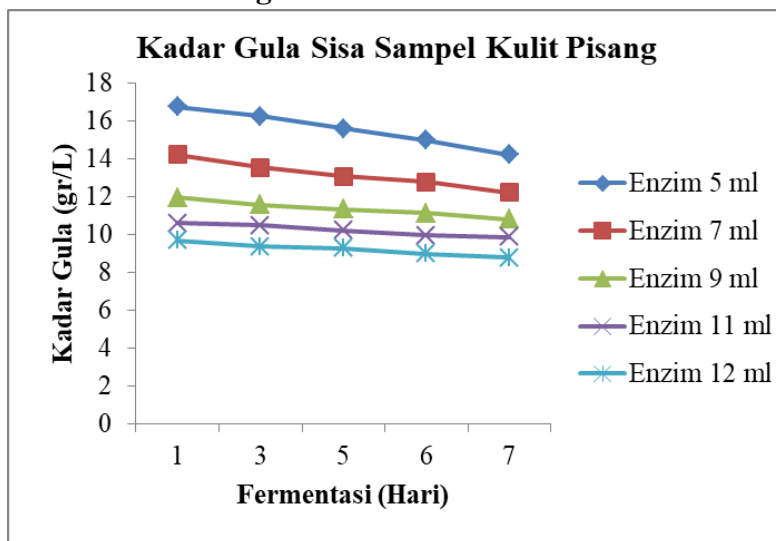
Dari percobaan pembuatan bioetanol yang telah kami lakukan, didapatkan data sebagai berikut ini:



4.1.1 Hasil Analisa Pengaruh Fermentasi Terhadap Kadar Gula Pada Berbagai Variasi Volume Enzim

Analisa konsentrasi kadar gula dari variabel bahan dilakukan dengan menggunakan Metode *Lane-Eynon*. Proses fermentasi dilakukan secara anaerob dengan menggunakan bantuan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi konsentrasi enzim dan waktu fermentasi.

4.1.1.1 Kulit Pisang



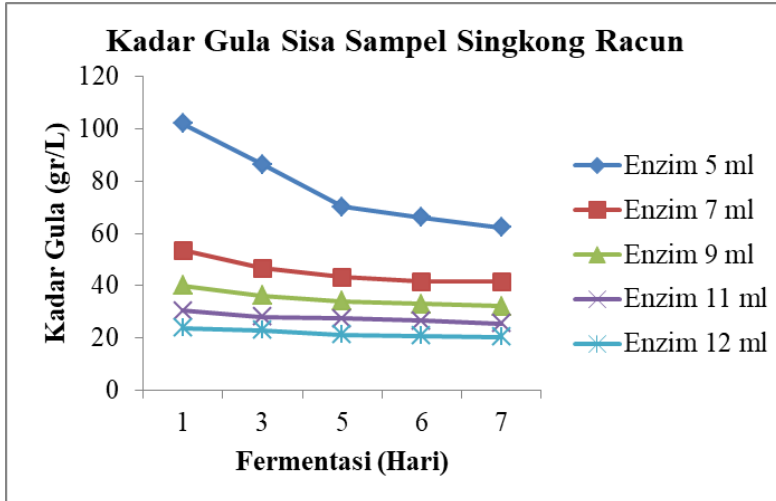
Grafik 4.1 Hasil Analisa Kadar Gula Pada Variabel Bahan Kulit Pisang

Pada Grafik 4.1 diatas, ditunjukkan bahwa pada penambahan volume enzim sebanyak 5 ml, diperoleh kadar gula pada fermentasi hari ke-1 sebesar 16,76 gr/L. Makin lama waktu fermentasi, maka kadar gula yang terkandung makin sedikit. Begitu juga dengan volume penambahan enzim, semakin banyak enzim yang ditambahkan, maka



makin banyak/makin besar karbohidrat yang dikonversikan menjadi gula.

4.1.1.2 Singkong Racun

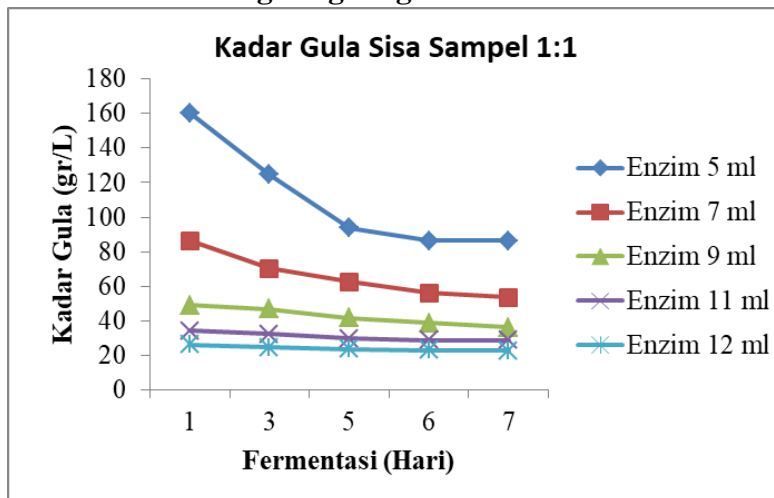


Grafik 4.2 Hasil Analisa Kadar Gula Pada Variabel Bahan Singkong Racun

Pada Grafik 4.2 diatas, ditunjukkan bahwa pada penambahan volume enzim sebanyak 5 ml, diperoleh kadar gula pada fermentasi hari ke-1 sebesar 102,11 gr/L. Makin lama waktu fermentasi, maka kadar gula yang terkandung makin sedikit. Begitu juga dengan volume penambahan enzim, semakin banyak enzim yang ditambahkan, maka makin banyak/makin besar karbohidrat yang dikonversikan menjadi gula.



4.1.1.3 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:1

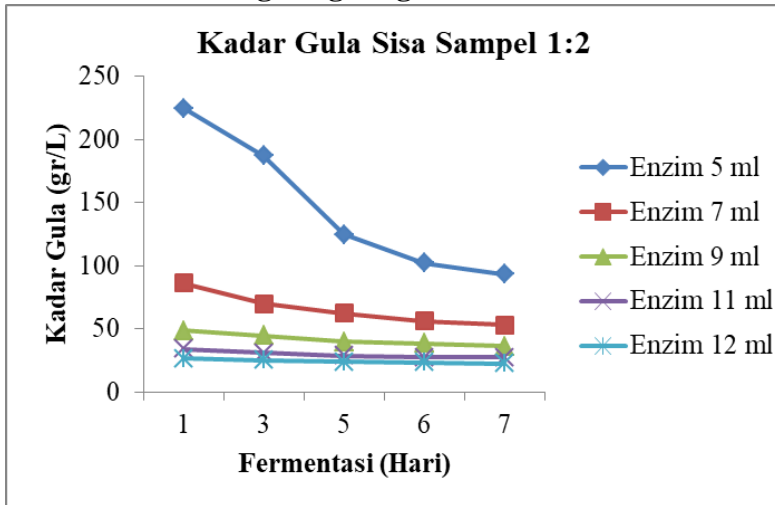


Grafik 4.3 Hasil Analisa Kadar Gula Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:1

Pada Grafik 4.3 diatas, ditunjukkan bahwa pada penambahan volume enzim sebanyak 5 ml, diperoleh kadar gula pada fermentasi hari ke-1 sebesar 160,47 gr/L. Makin lama waktu fermentasi, maka kadar gula yang terkandung makin sedikit. Begitu juga dengan volume penambahan enzim, semakin banyak enzim yang ditambahkan, maka makin banyak/makin besar karbohidrat yang dikonversikan menjadi gula.



4.1.1.4 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:2

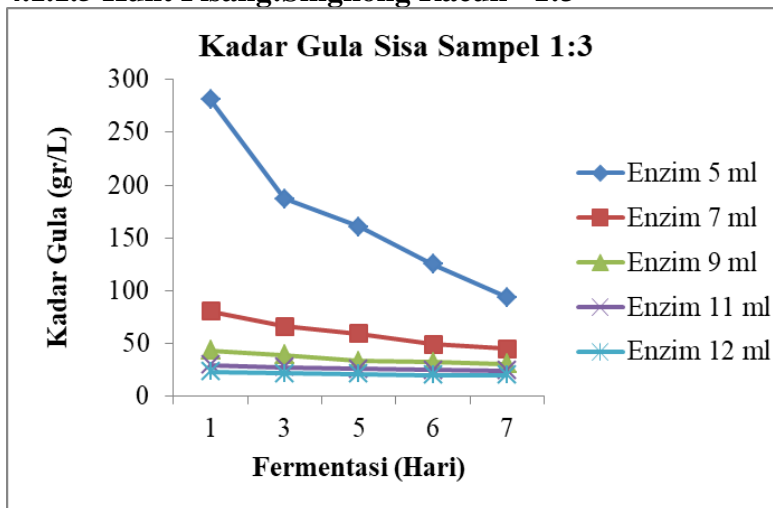


Grafik 4.4 Hasil Analisa Kadar Gula Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:2

Pada Grafik 4.4 diatas, ditunjukkan bahwa pada penambahan volume enzim sebanyak 5 ml, diperoleh kadar gula pada fermentasi hari ke-1 sebesar 224,66 gr/L. Makin lama waktu fermentasi, maka kadar gula yang terkandung makin sedikit. Begitu juga dengan volume penambahan enzim, semakin banyak enzim yang ditambahkan, maka makin banyak/makin besar karbohidrat yang dikonversikan menjadi gula.



4.1.1.5 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3



Grafik 4.5 Hasil Analisa Kadar Gula Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3

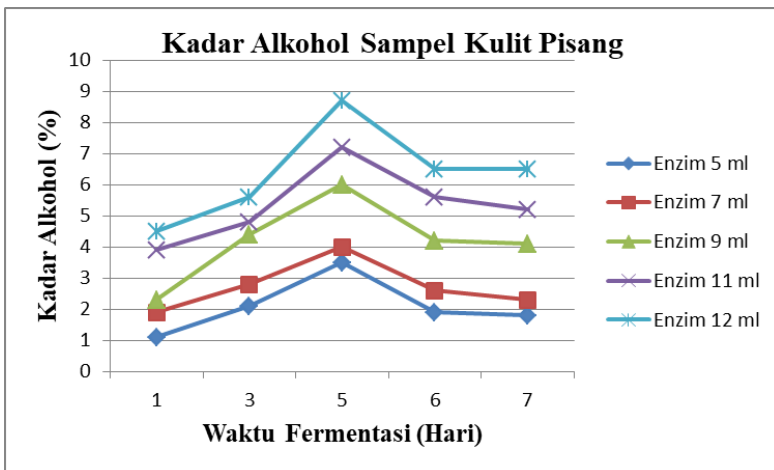
Pada Grafik IV.5 diatas, ditunjukkan bahwa pada penambahan volume enzim sebanyak 5 ml, diperoleh kadar gula pada fermentasi hari ke-1 sebesar 280,83 gr/L. Makin lama waktu fermentasi, maka kadar gula yang terkandung makin sedikit. Begitu juga dengan volume penambahan enzim, semakin banyak enzim yang ditambahkan, maka makin banyak/makin besar karbohidrat yang dikonversikan menjadi gula.



4.1.2 Hasil Analisa Pengaruh Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Pada Berbagai Variasi Volume Enzim

Untuk mengetahui berapa kadar etanol tiap sampel pada waktu fermentasi dan berbagai variasi volume enzim, kami menggunakan alat yang bernama *Alcoholmeter* pada saat etanol tersebut masih berupa *crude* (mentah). Adapun hasil analisa tersebut sebagai berikut ini:

4.1.2.1 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:0



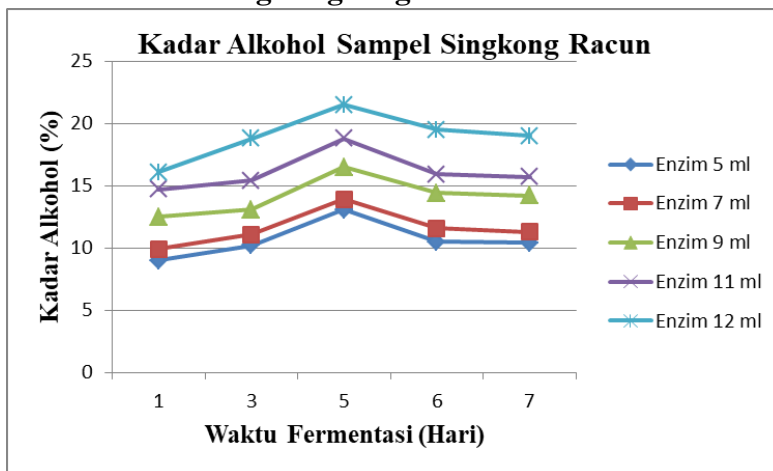
Grafik 4.6 Hasil Analisa Kadar Etanol Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:0

Jumlah enzim yang ditambahkan pada hidrolisis enzimatis bervariasi, antara lain yaitu 5 ml, 7 ml, 9 ml, 11 ml, dan 12 ml. Grafik 4.6 diatas, menunjukkan pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol pada berbagai variasi volume enzim. Dari grafik 4.6, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, kadar bioetanol akan mengalami kenaikan menjadi sebesar 3,5% pada penambahan volume enzim 5 ml saat fermentasi hari ke-5. Namun setelah hari ke-5, kadar bioetanol pada masing-



masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena setelah hari ke-5, mikroba sudah memasuki fase kematian sehingga proses fermentasi berhenti. Selain itu, konsentrasi bioetanol yang menurun dipengaruhi oleh konsentrasi gula yang semakin berkurang dan proses hidrolisis yang lebih rendah dibandingkan dengan laju fermentasinya. Ketika laju fermentasi cepat sementara terjadi kekurangan substrat gula sebagian yeast *Saccharomyces cereviceae* cenderung untuk mengonsumsi bioetanol.

4.1.2.2 Kulit Pisang:Singkong Racun= 0:1



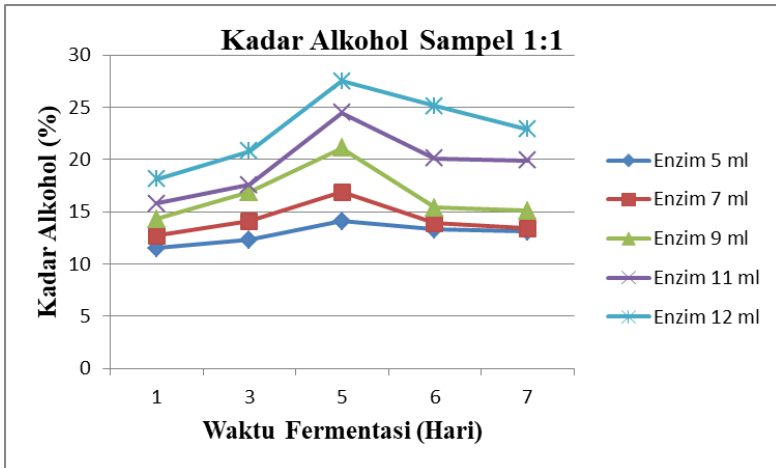
Grafik 4.7 Hasil Analisa Kadar Etanol Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 0:1

Grafik 4.7 diatas, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, kadar bioetanol akan mengalami kenaikan menjadi sebesar 13,1% pada penambahan volume enzim 5 ml saat fermentasi hari ke-5. Namun setelah hari ke-5, kadar bioetanol pada masing-masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena setelah hari ke-5,



mikroba sudah memasuki fase kematian sehingga proses fermentasi berhenti.

4.1.2.3 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:1

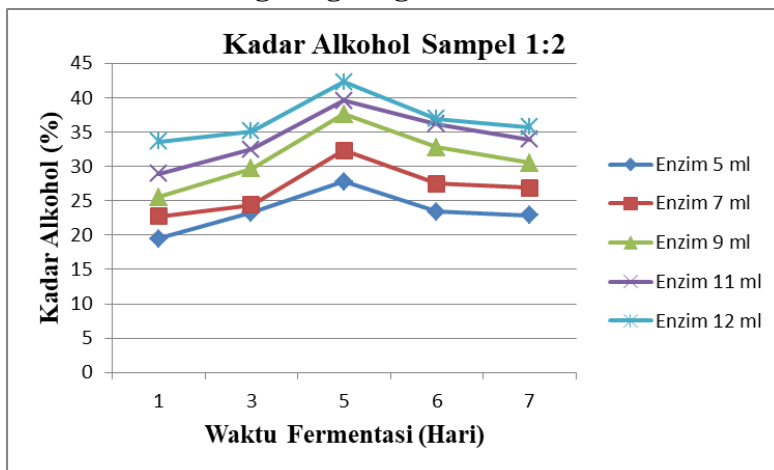


Grafik 4.8 Hasil Analisa Kadar Etanol Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:1

Grafik 4.8 diatas, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, kadar bioetanol akan mengalami kenaikan menjadi sebesar 14,1% pada penambahan volume enzim 5 ml saat fermentasi hari ke-5. Namun setelah hari ke-5, kadar bioetanol pada masing-masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena setelah hari ke-5, mikroba sudah memasuki fase kematian sehingga proses fermentasi berhenti.



4.1.2.4 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:2

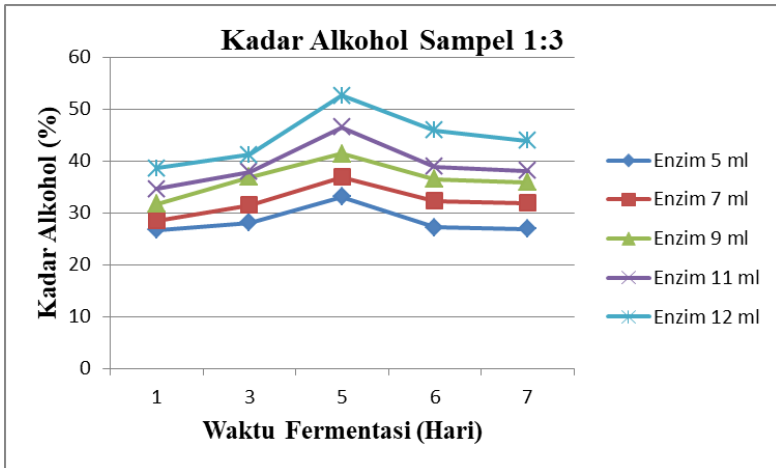


Grafik 4.9 Hasil Analisa Kadar Etanol Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:2

Grafik 4.9 diatas, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, kadar bioetanol akan mengalami kenaikan menjadi sebesar 27,8% pada penambahan volume enzim 5 ml saat fermentasi hari ke-5. Namun setelah hari ke-5, kadar bioetanol pada masing-masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena setelah hari ke-5, mikroba sudah memasuki fase kematian sehingga proses fermentasi berhenti.



4.1.2.5 Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3



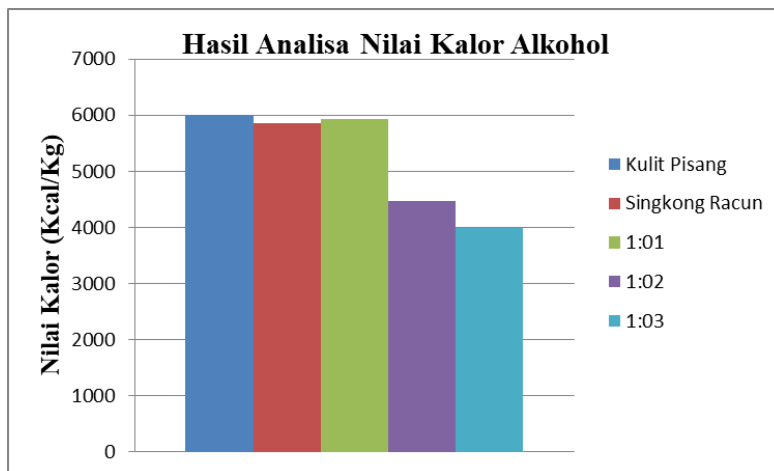
Grafik 4.10 Hasil Analisa Kadar Etanol Pada Variabel Bahan Perbandingan Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3

Grafik 4.10 diatas, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, kadar bioetanol akan mengalami kenaikan menjadi sebesar 33,1% pada penambahan volume enzim 5 ml saat fermentasi hari ke-5. Namun setelah hari ke-5, kadar bioetanol pada masing-masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena setelah hari ke-5, mikroba sudah memasuki fase kematian sehingga proses fermentasi berhenti.



4.1.3 Hasil Analisa Uji Nilai Kalor Alkohol Pada Masing-masing Bahan

Analisa uji nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat yang bernama *Bomb Calorimeter*. Analisa uji nilai kalor dilakukan di Laboratorium Teknologi Air dan Konsultasi Industri Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.



Grafik 4.11 Hasil Analisa Uji Nilai Kalor pada Etanol

Pada grafik 4.11 diatas, menunjukkan bahwa etanol dari kulit pisang memiliki nilai kalor yang paling tinggi dibandingkan dengan etanol dari singkong racun maupun dari perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3. Dapat dilihat bahwa etanol dengan perbandingan bahan singkong racun yang semakin banyak akan menghasilkan etanol dengan nilai kalor yang semakin sedikit pula.



4.1.4 Perbandingan Parameter Uji Kualitas Alkohol Hasil Percobaan Dengan SNI

Pada *point* ini, data yang kami sajikan merupakan data dari hasil terbaik satu dari lima perbandingan bahan, yaitu pada perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3. Adapun hasil dari parameter uji kualitas alkohol hasil percobaan kami dengan SNI adalah sebagai berikut:

4.4.1 Tampilan

Variabel Percobaan	Hasil Percobaan	SNI
Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3	Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran	Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran

Dari tabel diatas, terlihat bahwa pada perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3 memiliki tampilan yang jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran. Dengan demikian, untuk parameter uji tampilan sesuai dengan SNI.

4.4.2 pH

Variabel Percobaan	Hasil Percobaan	SNI
Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3	8,37	6,5 - 9

Dari tabel diatas, terlihat bahwa pH yang dimiliki oleh perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3 sebesar 8,37. Dengan demikian, untuk parameter uji pH sesuai dengan SNI.

4.4.3 Berat Jenis/Density

Variabel Percobaan	Hasil Percobaan	SNI
Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3	0,787	0,787 - 0,789

Dari tabel diatas, terlihat bahwa berat jenis yang dimiliki oleh perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3



sebesar 0,787. Dengan demikian, untuk parameter uji berat jenis sesuai dengan SNI.

4.4.4 Kadar Cl^-

Variabel Percobaan	Hasil Percobaan	SNI
Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3	3,55 ppm	40 ppm (max)

Dari tabel diatas, terlihat bahwa kadar Cl^- yang dimiliki oleh perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3 sebesar 3,55 ppm. Dengan demikian, untuk parameter uji kadar Cl^- sesuai dengan SNI.

4.4.5 Kadar Metanol

Variabel Percobaan	Hasil Percobaan	SNI
Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3	2,16 ppm	300 ppm (max)

Dari tabel diatas, terlihat bahwa kadar metanol yang dimiliki oleh perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3 sebesar 2,16 ppm. Dengan demikian, untuk parameter uji kadar metanol sesuai dengan SNI.

4.4.6 Kadar Tembaga (Cu)

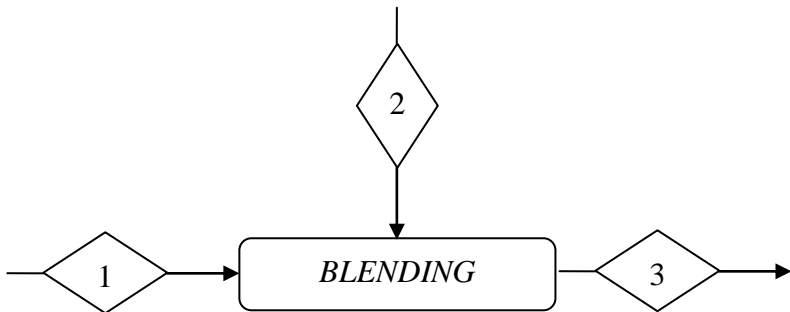
Variabel Percobaan	Hasil Percobaan	SNI
Kulit Pisang:Singkong Racun= 1:3	0,16 ppm	0,15 ppm (max)

Dari tabel diatas, terlihat bahwa kadar tembaga yang dimiliki oleh perbandingan kulit pisang:singkong racun= 1:3 sebesar 0,16 ppm. Angka tersebut lebih tinggi daripada SNI, disebabkan karena singkong racun memiliki kadar tembaga yang tinggi. Dengan demikian, untuk parameter uji kadar tembaga (Cu) tidak sesuai dengan SNI.

BAB V NERACA MASSA

5.1 Neraca Massa Pretreatment (*Blending*) Kulit Pisang

Tujuan: untuk menghaluskan kulit pisang supaya didapatkan bubur kulit pisang



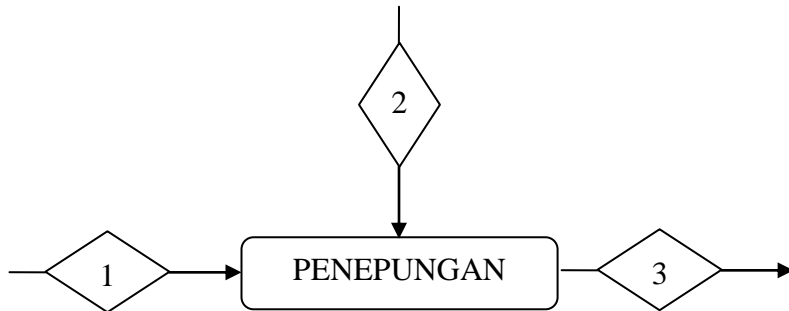
Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <1> Kulit Pisang		Aliran <3> Bubur Kulit Pisang	
Air	13.780	Air	14.780
Karbohidrat	3.700	Karbohidrat	3.700
Lemak	422	Lemak	422
Protein	64	Protein	64
Kalsium	141	Kalsium	141
Fosfor	23,40	Fosfor	23,40
Zat Besi	0,32	Zat Besi	0,32
Vitamin B	0,02	Vitamin B	0,02
Vitamin C	3,50	Vitamin C	3,5
	18.134,24		
Aliran <2> Air			
Air	1.000		



TOTAL	19.134,24	TOTAL	19.134,24
--------------	------------------	--------------	------------------

5.2 Neraca Massa Pretreatment (Penepungan) Singkong Racun

Tujuan: untuk memperoleh tepung dari bahan singkong racun

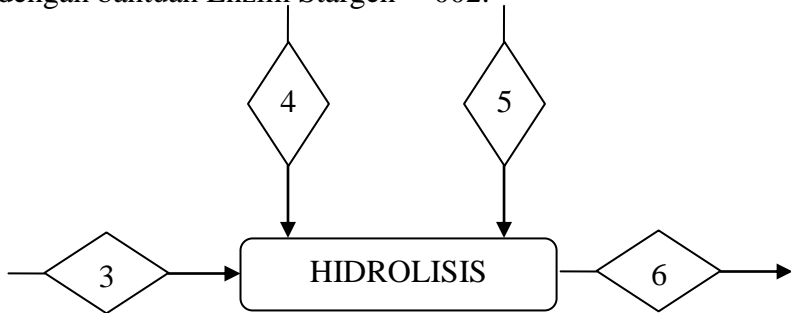


Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <1> Singkong Racun		Aliran <3> Tepung Singkong Racun	
Karbohidrat	6.892,71	Karbohidrat	6.892,71
Protein	33,25	Air	1.000
Abu	33,13	Protein	33,25
Lemak	40,89	Abu	33,13
Serat	0,46	Lemak	40,89
	7.000,46	Serat	0,46
Aliran <2> Air			
Air	1.000		
TOTAL	8.000,46	TOTAL	8.000,46



5.3 Neraca Massa Hidrolisis Enzimatis

Tujuan: Mengkonversi karbohidrat/pati menjadi glukosa dengan bantuan Enzim StargenTM 002.



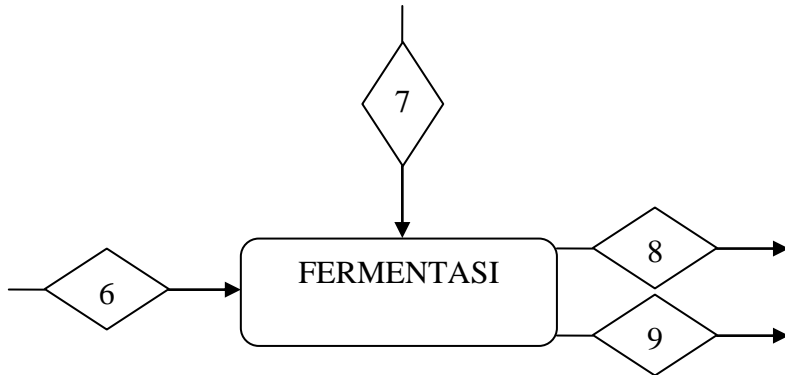
Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <3> Bubur dan Tepung		Aliran <6> Produk/Hasil Hidrolisis	
Karbohidrat	26.586,19	Karbohidrat	4.519,65
Air	1.000	Air	263.410,14
Protein	128,25	Protein	128,25
Abu	127,81	Abu	127,81
Lemak	157,73	Lemak	157,73
Serat	1,80	Serat	1,80
Kalsium	193,05	Kalsium	193,05
Fosfor	31,59	Fosfor	31,59
Zat besi	0,43	Zat besi	0,43
Vitamin B	0,03	Vitamin B	0,03
Vitamin C	4,72	Vitamin C	4,72
	28.231,63	Glukosa	24.518,37
Aliran <4> Air		Enzim	2.989.444,86
Air	265.861,98	Stargen TM 002	



Aliran <5> Enzim StargenTM 002			
Enzim Stargen TM 002	2.989.444,86		
	3		
TOTAL	3.283.538,48	TOTAL	3.283.538,48

5.4 Neraca Massa Fermentasi

Tujuan: Mengkonversi glukosa menjadi etanol dengan bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* pada ragi roti.



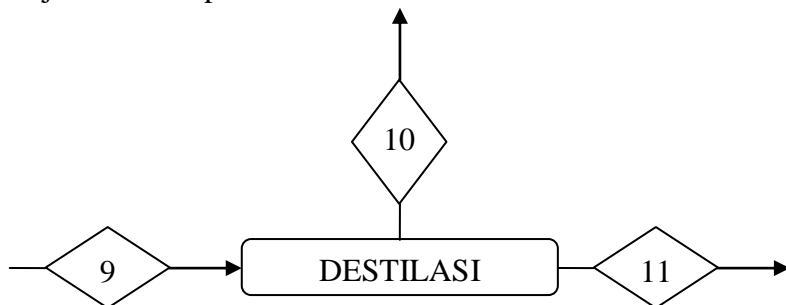
Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <6> Produk/Hasil Hidrolisis		Aliran <9> Produk/Hasil Fermentasi	
Karbohidrat	4.519,65	Karbohidrat	4.519,65
Air	263.410,14	Air	263.410,14
Protein	128,25	Protein	128,25
Abu	127,81	Abu	127,81
Lemak	157,73	Lemak	157,73
Serat	1,80	Serat	1,80
Kalsium	193,05	Kalsium	193,05



Fosfor	31,59	Fosfor	31,59
Zat besi	0,43	Zat besi	0,43
Vitamin B	0,03	Vitamin B	0,03
Vitamin C	4,72	Vitamin C	4,72
Glukosa	24.518,37	Glukosa	2.942,20
Enzim Stargen TM 002	2.989.444,86	Enzim Stargen ^T M 002	2.989.444,86
	6		
	3.283.538,48		
Aliran <7> Fermipan dan Nutrient		C ₂ H ₅ OH	11.027,82
Fermipan	0,01	Biomass	0,03
KH ₂ PO ₄	0,01		
Urea	0,01		
	0,03		
TOTAL	3.283.538,52	Aliran <8> CO₂	
		CO ₂	10.548,35
		TOTAL	3.283.538,52

5.5 Neraca Massa Destilasi

Tujuan: Mendapatkan etanol dari larutan hasil fermentasi.



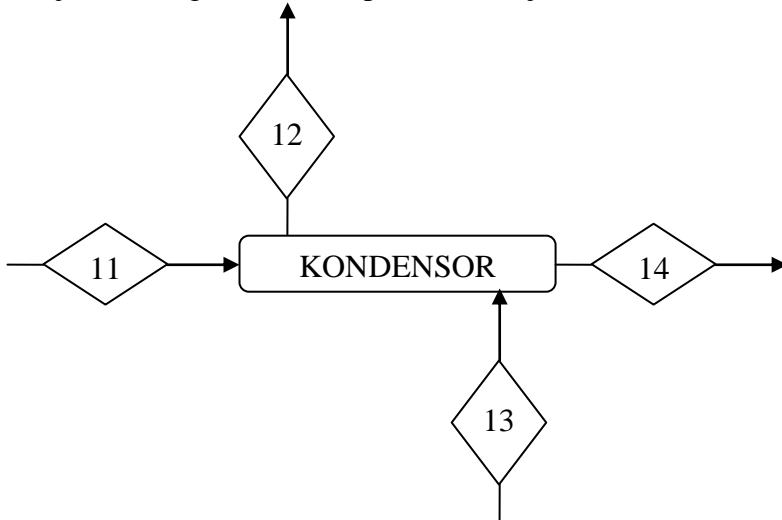


Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <9> Produk/Hasil Fermentasi		Aliran <10> Loss	
Karbohidrat	4.519,65	C ₂ H ₅ OH	9.814,76
Air	263.410,14	Steam H ₂ O	1.213,06
Protein	128,25		11.027,82
Abu	127,81	Aliran <11>	
Lemak	157,73	Karbohidrat	4.519,65
Serat	1,80	Air	262.159,26
Kalsium	193,05	Protein	128,25
Fosfor	31,59	Abu	127,81
Zat besi	0,43	Lemak	157,73
Vitamin B	0,03	Serat	1,80
Vitamin C	4,72	Kalsium	193,05
Glukosa	2.942,20	Fosfor	31,59
Enzim	2.989.444,86	Zat besi	0,43
Stargen TM 002		Vitamin B	0,03
C ₂ H ₅ OH	11.027,82	Vitamin C	4,72
Biomass	0,03	Glukosa	2.942,20
		Enzim	2.989.444,86
		Stargen TM 002	
		Biomass	0,039
		C ₂ H ₅ OH	1.123,06
			3.260.872,34
TOTAL	3.271.862,35	TOTAL	3.271.862,35



5.6 Neraca Massa Kondensor

Tujuan: Mengubah fase uap etanol menjadi etanol cair.



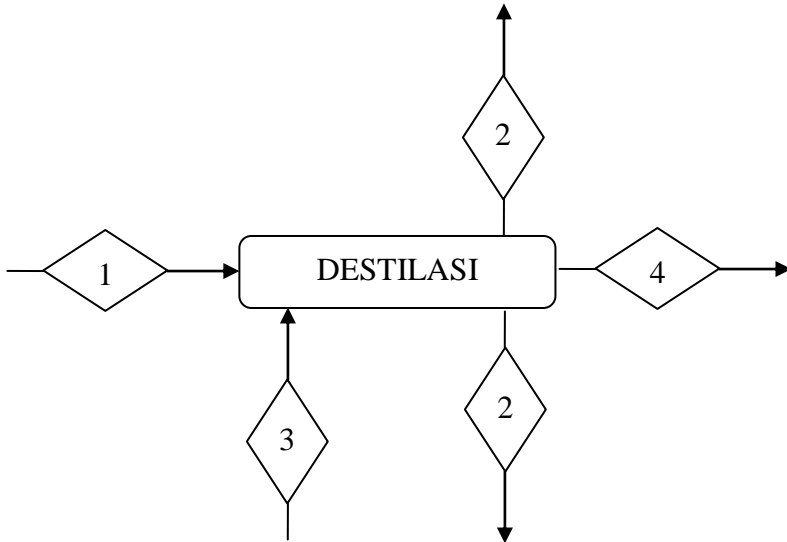
Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <11>		Aliran <12> Air Pendingin	
C ₂ H ₅ OH	1.123,06	Air Pendingin	2.000
Air	262.159,26	Aliran <14>	
	263.282,32	C ₂ H ₅ OH	1.123,06
Aliran <13> Air Pendingin		Air	262.159,26
Air Pendingin	2.000		263.282,32
TOTAL	265.282,32	TOTAL	265.282,32



--Halaman Ini Sengaja Dikosongkan--

BAB VI NERACA PANAS

6.1 Neraca Panas Destilasi

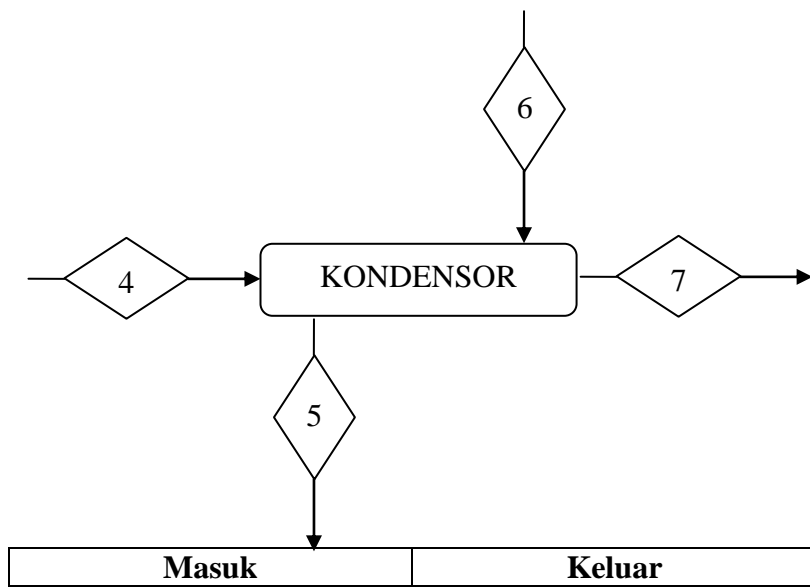


Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
Aliran <1>		Aliran <4>	
Karbohidrat	12.926,22	C ₂ H ₅ OH	301.705,75
Air	1.315.338,54	Steam H ₂ O	64.478,64
Protein	192,37		366.184,40
Abu	127,37	Aliran <2>	
Lemak	315,46	Karbohidrat	137.017,95
Serat	2,89	Air	13.934.734,87
Kalsium	149,61	Protein	2.039,17
Fosfor	31,59	Abu	127,37
Zat besi	0,19	Lemak	3.343,96
Vitamin B	0,04	Serat	30,68



Vitamin C	9,45	Kalsium	1.585,90
Glukosa	4.413,30	Fosfor	334,85
Enzim	0	Zat besi	2,06
Stargen TM 002			
C ₂ H ₅ OH	31.980,68	Vitamin B	0,51
Biomass	0,06	Vitamin C	100,17
Total	1.375.365,70	Glukosa	46.781,06
Aliran <3>		Enzim	0
		Stargen TM 002	
Q Heater	13.137.165,74	Biomass	0,66
		C ₂ H ₅ OH	34.522,87
			14.151.130,88
TOTAL	14.512.531,45	TOTAL	14.512.531,45

6.2 Neraca Panas Kondensor





Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
Aliran <4> steam		Aliran <5> air pendingin	
C ₂ H ₅ OH	32.856,25	H ₂ O	9.987
Steam H ₂ O	13.934.734,87	Aliran <7> etanol	
	13.967.591,12	C ₂ H ₅ OH	32.856,25
Aliran <6> air pendingin		H ₂ O	13.934.734,87
H ₂ O	9.987		13.967.591,12
TOTAL	13.977.578,12	TOTAL	13.977.578,12



--Halaman Ini Sengaja Dikosongkan--

BAB VII

ESTIMASI BIAYA

7.1 Estimasi Biaya

Estimasi biaya total inovasi “Pembuatan Bioetanol Dari Campuran Kulit Pisang Dan Singkong Racun Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatis Dan Fermentasi” dengan kapasitas produksi 100L bioetanol/hari.

Tabel 7.1 Investasi Bahan Baku Habis Pakai

No.	KETERANGAN	KUANTITAS	HARGA	TOTAL BIAYA (Rp)
BAHAN BAKU + PELENGKAP				
1	Kulit Pisang	10 kg	2500/kg	25000
2	Singkong Racun	30 kg	1050/kg	31500
3	Enzim Stargen TM 002	600 ml	57500/250ml	80000
4	Fermipan	13 gr	3500/11 gr	4156,25
5	Urea	13 gr	1200/1000gr	16,40625
6	KH ₂ PO ₄	13 gr	10000/1000gr	136,71925
UTILITAS				
7	AIR BLENDING			
	Singkong Racun	1072,63 gr	5000/m ³	268,1575
	Kulit Pisang	50 gr		125
8	Air Kondensor	300 L	5000/m ³	18.000
9	Listrik	10,8 KWh	1.1000/KWh	11.880
LAIN – LAIN				
10	Gaji Karyawan	2	25.000	50.000



TOTAL	221.082,533
--------------	--------------------

Tabel 7.2 Investasi Alat

No.	KETERANGAN	KUANTITAS	HARGA	TOTAL BIAYA (Rp)
1	Mesin Pamarut	4	200.000	800.000
2	Timbangan	1	250.000	250.000
3	Jenset	1	2.640.000	2.640.000
4	Tangki Pemasak	10	50.000	500.000
5	Motor Pengaduk	10	150.000	1.500.000
6	Fermentor	30	60.000	1.800.000
7	Tangki Penukar Panas	2	150.000	300.000
8	Alat Destilasi	1	10.000.000	10.000.000
9	Alat Penyaring	1	100.000	100.000
10	Pompa Air	2	475.000	950.000
11	Sewa Rumah Produksi	1	9.000.000	9.000.000
TOTAL				27.840.000

Total biaya produksi dalam 1 hari

= Rp.221.082,533

Biaya produksi dalam 1 bulan

= Rp.221.082,533 x 26

= Rp.5.748.145,858

Biaya produksi dalam 1 tahun

= Rp.5.748.145,858 x 12

= Rp.68.977.750,3



Total produksi bioetanol per hari adalah 100 liter

Total produksi bioetanol per bulan

$$= 100 \text{ liter} \times 2$$

$$= 2600 \text{ liter}$$

Total biaya produksi per bulan

$$= \text{Fixed cost} + \text{Variable cost}$$

$$= \text{Rp.27.840.000} + \text{Rp.4.421.640}$$

$$= \text{Rp.32.261.640}$$

Harga pokok produksi

$$= \frac{\text{Total biaya produksi}}{\text{Total produksi}}$$

$$= \frac{\text{Rp.32.261.640}}{2600 \text{ liter}}$$

$$= \text{Rp.12.408,3231}$$

Harga jual = Rp.35.000 / liter

Total penjualan = 1.500 x 2.600

$$= 3.900.000$$

Total penjualan = 1.500 x 2.600

$$= 3.900.000$$

$$\begin{aligned} \text{BEP Unit} &= \frac{\text{FC}}{\text{Harga Jual} - \text{HPP}} \\ &= \frac{\text{Rp.27.840.000}}{35.000 - 12.408,3231} \\ &= 1.232 \text{ liter} \end{aligned}$$

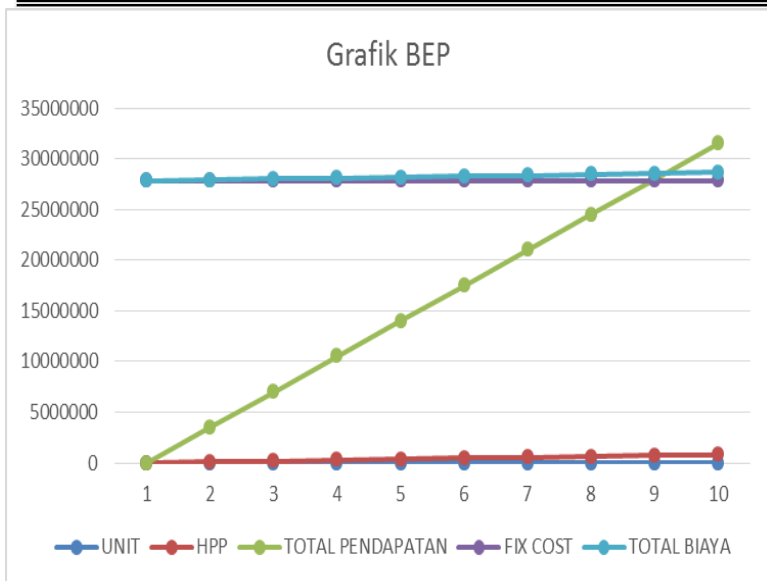
$$\begin{aligned} \text{BEP Rupiah} &= \frac{\text{Fix Cost}}{1 - \frac{\text{HPP}}{\text{Harga Jual}}} \\ &= \frac{\text{Rp.27.840.000}}{1 - \frac{\text{Rp.12.408,3231}}{\text{Rp.35.000}}} \end{aligned}$$



$$= \text{Rp.}42.830.769$$

Perlu mendapatkan total pendapatan sebesar Rp.42.830.769 agar mencapai BEP

UNIT	HPP	TOTAL PENDAPATAN	FIX COST	TOTAL
0	0	0	27840000	27840000
100	90000	3500000	27840000	27930000
200	180000	7000000	27840000	28020000
300	270000	10500000	27840000	28110000
400	360000	14000000	27840000	28200000
500	450000	17500000	27840000	28290000
600	540000	21000000	27840000	28380000
700	630000	24500000	27840000	28470000
800	720000	28000000	27840000	28560000
900	810000	31500000	27840000	28650000

**Grafik 7.1 Grafik BEP**



--Halaman Ini Sengaja Dikosongkan--

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

1. Campuran dari kulit pisang dan singkong racun mampu untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Hal ini dikarenakan kulit pisang memiliki kandungan karbohidrat, sedangkan singkong racun memiliki kandungan pati yang tinggi. Sehingga, apabila dihidrolisis dengan bantuan Enzim StargenTM 002, kandungan karbohidrat dan pati tersebut dapat dikonversikan menjadi glukosa/gula sederhana. Oleh *yeast Saccharomyces cerevisiae*, glukosa akan dikonversikan menjadi etanol (C₂H₅OH).
2. Hasil terbaik yang kami peroleh dari percobaan ini ialah pada perbandingan variabel bahan kulit pisang:singkong racun= 1:3. Dimana pada perbandingan bahan tersebut diperoleh uji ketampakan/visual yang jernih dan terang serta tidak ada endapan, memiliki pH sebesar 8,37, memiliki berat jenis/*density* sebesar 0,787, memiliki kadar Cl⁻ sebesar 3,55 ppm, dan memiliki kadar metanol sebesar 2,16 ppm. Parameter uji tersebut sudah sesuai dengan SNI Bioetanol.

8.2 Saran

Untuk mendapatkan bioetanol dengan kualitas parameter yang sesuai dengan SNI Bioetanol, perlu dilakukan percobaan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Artati, E. K., P.A, Andik. (2006). *Pengaruh Konsentrasi Asam terhadap Hidrolisis Pati Pisang*. Ekuilibrium, Vol. 5 (1): 8- 12.
- Ashriyani, A. (2009). *Pembuatan Bioetanol dari Substrat Makroalga*. Tugas Akhir, Depok.
- Batma, M., Simbolon, Melika S., Siregar, Raudah A. (2014). *Transformasi si Bojag (Bonggol Jagung) menjadi Bioetanol sebagai Alternatif Bahan Bakar Tebarukan yang Lebih Ramah Lingkungan*. Tugas Akhir, Medan.
- Irawan, D., Arifin, Z. (2012). *Proses Hidrolisis Sampah Organik menjadi Gula dengan Katalis Asam*. Reaktor, Vol. 14 (2):118-122.
- Jati, P. W. (2006). *Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi HCl terhadap Nilai Dextrose Equivalent (DE) dan Karakterisasi Mutu Pati Termodifikasi dari Pati dengan Metode Hidrolisis Asam*. Tugas Akhir, Bogor.
- Musanif, J. (2008). *Bio-Etanol*. Artikel Ilmiah Institut Teknologi Bandung.
- Rahmayanti, D., Istadi, I. (2010). *Pemodelan dan Optimasi Hidrolisa Pati menjadi Glukosa dengan Metode Artificial Neural Network-Genetic Algorithm*. Tugas Akhir, Semarang.
- Sutarno, R. J., Zaharah, Titin A., Idiawati, N. (2009). *Hidrolisis Enzimatik Selulosa dari Ampas Sagu menggunakan Campuran Selulase dari Trichoderma reesei dan Aspergillus niger*. Jurnal Kimia Khatulistiwa, Vol. 2 (1):52-57.

- Witono, Y., Aulanni'am., Subagio, A., Widjanarko, Simon B. (2007). *Karakterisasi Hidrolisat Protein Kedelai Hasil Hidrolisis*. Jurnal Teknologi Pertanian, Vol. 7 (1):20-26.
- Yakinudin, A. (2012). *Bioetanol Singkong sebagai Sumber Bahan Bakar Terbarukan dan Solusi untuk Meningkatkan Penghasilan Petani Singkong*. Tugas Akhir, Bogor.
- Haditjaroko, L., Syamsu, K., Meryandini, A., Manurung, Ahmad J. (2014). *Produksi Bioetanol dari hidrolisat pati singkong racun dengan fermentasi Repeated-Batch oleh Saccharomyces cerevisiae Terimobilisasi pada ampas singkong*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 24 (1):20-27.

APPENDIKS A NERACA MASSA

A.1 Pretreatment

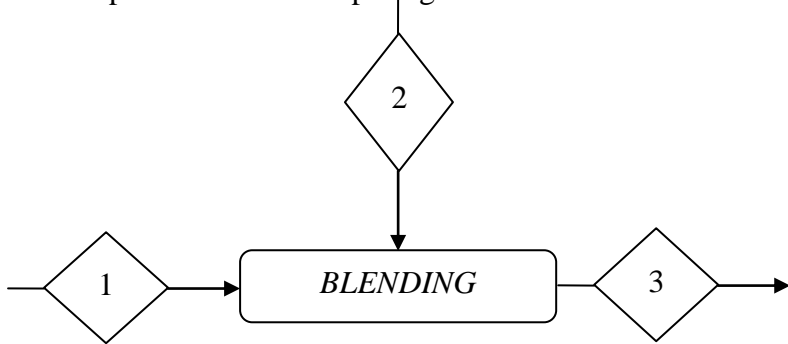
Kapasitas Produksi : 100L bioetanol/hari

Satuan Massa : Kg/hari

Untuk kapasitas produksi 100L bioetanol/hari, diperlukan bahan baku kulit pisang sebesar 20.000 Kg.

A.1.1 *Blending*

Tujuan: untuk menghaluskan kulit pisang supaya didapatkan bubur kulit pisang



Tabel A.1 Komposisi Pada Kulit Pisang

Komponen	%Berat
Air	68,90
Karbohidrat	18,50
Lemak	2,11
Protein	0,32
Kalsium	0,715
Fosfor	0,117
Zat Besi	0,00160
Vitamin B	0,00012
Vitamin C	0,01750

Sumber: *Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Surabaya, Jatim (1982)*

Aliran <1>

Air	= 0,6890 x 20.000	= 13.780 Kg
Karbohidrat	= 0,1850 x 20.000	= 3.700 Kg
Lemak	= 0,0211 x 20.000	= 422 Kg
Protein	= 0,0032 x 20.000	= 64 Kg
Kalsium	= 0,00715 x 20.000	= 141 Kg
Fosfor	= 0,00117 x 20.000	= 23,40 Kg
Zat Besi	= 0,0000160 x 20.000	= 0,32 Kg
Vitamin B	= 0,0000012 x 20.000	= 0,02 Kg
Vitamin C	= 0,0001750 x 20.000	= 3,50 Kg
TOTAL		= 18.134,24 Kg

Aliran <2>

Air	= 1000 Kg
-----	-----------

Aliran <3>

Air	= 14.780 Kg
Karbohidrat	= 3.700 Kg
Lemak	= 422 Kg
Protein	= 64 Kg
Kalsium	= 141 Kg
Fosfor	= 23,40 Kg
Zat Besi	= 0,32 Kg
Vitamin B	= 0,02 Kg
Vitamin C	= 3,50 Kg
TOTAL	= 18.134,24 Kg

Tabel A.1 Neraca Massa *Blending* Kulit Pisang

Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <1> Kulit Pisang		Aliran <3> Bubur Kulit Pisang	

Air	13.780	Air	14.780
Karbohidrat	3.700	Karbohidrat	3.700
Lemak	422	Lemak	422
Protein	64	Protein	64
Kalsium	141	Kalsium	141
Fosfor	23,40	Fosfor	23,40
Zat Besi	0,32	Zat Besi	0,32
Vitamin B	0,02	Vitamin B	0,02
Vitamin C	3,5	Vitamin C	3,50
18.134,24			
Aliran <2> Air			
Air	1.000		
TOTAL	19.134,24	TOTAL	19.134,24

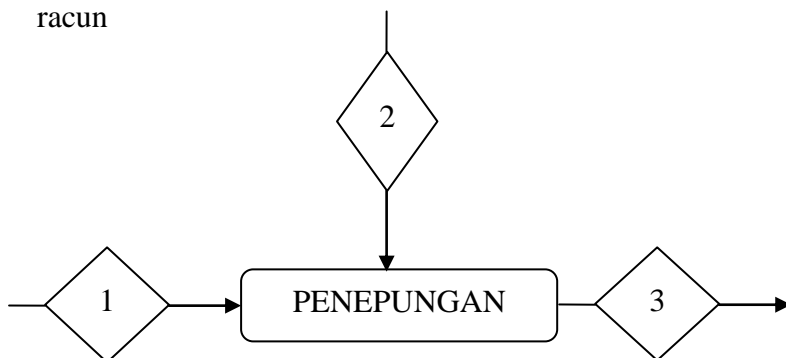
Kapasitas Produksi : 100L bioetanol/hari

Satuan Massa : Kg/hari

Untuk kapasitas produksi 100L bioetanol/hari, diperlukan bahan baku singkong racun sebesar 7.000 Kg.

A.1.2 Penepungan

Tujuan: untuk memperoleh tepung dari bahan singkong racun



Tabel A.2 Komposisi Pada Singkong Racun

Komponen	%Berat
Karbohidrat	98,4674
Protein	0,4750
Abu	0,4734
Lemak	0,5842
Serat	0,0067

Sumber: *Laboratorium Ilmu Makanan Ternak FK Undip (2013)*

Aliran <1>

Karbohidrat	= 0,984674 x 7.000	= 6.892,71 Kg
Protein	= 0,004750 x 7.000	= 33,25 Kg
Abu	= 0,004734 x 7.000	= 33,13 Kg
Lemak	= 0,005842 x 7.000	= 40,89 Kg
Serat	= 0,000067 x 7.000	= 0,46 Kg
TOTAL		= 7.000,46 Kg

Aliran <2>

Air	= 1.000 Kg
-----	------------

Aliran <3>

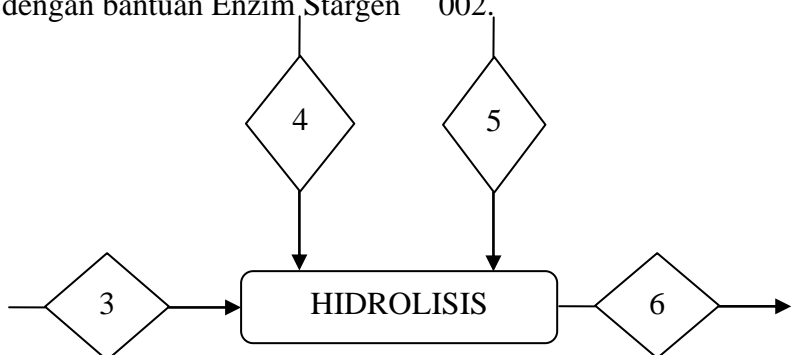
Karbohidrat	= 0,984674 x 7.000	= 6.892,71 Kg
Air		= 1.000 Kg
Protein	= 0,004750 x 7.000	= 33,25 Kg
Abu	= 0,004734 x 7.000	= 33,13 Kg
Lemak	= 0,005842 x 7.000	= 40,89 Kg
Serat	= 0,000067 x 7.000	= 0,46 Kg
TOTAL		= 8.000,46 Kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <1> Singkong Racun		Aliran <3> Tepung	
Karbohidrat	6.892,71	Karbohidrat	6.892,71

Protein	33,25	Air	1.000
Abu	33,13	Protein	33,25
Lemak	40,89	Abu	33,13
Serat	0,46	Lemak	40,89
	<hr/> 7.000,46	Serat	0,46
Aliran <2> Air			
Air	1.000		
	<hr/>		
TOTAL	8.000,46	TOTAL	8.000,46

A.2 Hidrolisis Enzimatis

Tujuan: Mengkonversi karbohidrat/pati menjadi glukosa dengan bantuan Enzim StargenTM 002.



Aliran <3>

Karbohidrat	= 0,984674 x 27.000	= 26.586,19 Kg
Air		= 1.000 Kg
Protein	= 0,004750 x 27.000	= 128,25 Kg
Abu	= 0,004734 x 27.000	= 127,81 Kg
Lemak	= 0,005842 x 27.000	= 157,73 Kg
Serat	= 0,000067 x 27.000	= 1,80 Kg
Kalsium	= 0,00715 x 27.000	= 193,05 Kg
Fosfor	= 0,00117 x 27.000	= 31,59 Kg
Zat Besi	= 0,0000160 x 27.000	= 0,43 Kg

Vitamin B	= 0,0000012 x 27.000 =	0,03 Kg
Vitamin C	= 0,0001750 x 27.000 =	4,72 Kg
TOTAL		=28.231,63 Kg

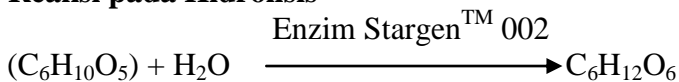
Aliran <4>

Air	= 265.861,98 Kg
-----	-----------------

Aliran <5>

Enzim Stargen TM 002	= 2.989.444,86 Kg
---------------------------------	-------------------

Reaksi pada Hidrolisis



Konversi reaksi sebesar 83%

BM karbohidrat = 0,162 Kg/mol

BM H₂O = 0,018 Kg/mol

BM glukosa = 0,180 Kg/mol

Menghitung jumlah mol reaksi dalam proses hidrolisis:

Jumlah mol karbohidrat mula-mula:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{massa karbohidrat} / \text{BM karbohidrat}) \\
 &= (26.586,198 / 0,162) \\
 &= 164.112,30
 \end{aligned}$$

Jumlah mol karbohidrat yang bereaksi 83%:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{mol karbohidrat mula-mula} \times 0,83) \\
 &= (164.112,3 \times 0,83) \\
 &= 136.213,20
 \end{aligned}$$

Jumlah mol karbohidrat sisa:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{mol karbohidrat mula-mula} - \text{mol karbohidrat bereaksi}) \\
 &= (164.112,30 - 136.213,20) \\
 &= 27.899,09
 \end{aligned}$$

Jumlah mol air mula-mula:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{massa air} / \text{BM air}) \\
 &= (265.861,98 / 0,018) \\
 &= 14.770.110
 \end{aligned}$$

Jumlah mol air yang bereaksi:

$$= (\text{mol karbohidrat bereaksi})$$

$$= 136.213,20$$

Jumlah mol air sisa:

$$= (\text{mol air awal} - \text{mol air bereaksi})$$

$$= (14.770.110 - 136.213,209)$$

$$= 14.633.896,79$$

Menghitung mol glukosa yang didapat:

$$= (\text{mol karbohidrat yang bereaksi})$$

$$= 136.213,209$$

Jumlah mol glukosa sisa=jumlah mol glukosa yang terbentuk

$$= 136.213,209$$

Sehingga :

	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	+	H_2O	\longrightarrow	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
Mula-mula:	164.112,3		14.770.110		-
Reaksi :	136.213,209		136.213,209		136.213,209
Sisa :	27.899,091		14.633.896,79		136.213,209

Aliran <6>

Menghitung massa dalam proses hidrolisis:

Massa karbohidrat mula-mula :

$$= \text{mol karbohidrat} \times \text{BM karbohidrat}$$

$$= 164.112,3 \times 0,162$$

$$= 26.586,198 \text{ Kg}$$

Massa karbohidrat bereaksi :

$$= \text{mol karbohidrat bereaksi} \times \text{BM}$$

$$= 136.213,209 \times 0,162$$

$$= 22.066,53986 \text{ Kg}$$

Massa karbohidrat sisa :

$$= 26.586,198 - 22.066,53986$$

$$= 4.519,65814 \text{ Kg}$$

Massa H₂O mula-mula :

$$= \text{mol H}_2\text{O} \times \text{BM air}$$

$$= 14.770.110 \times 0,018$$

$$= 265.861,98 \text{ Kg}$$

Massa air bereaksi :

$$= \text{mol H}_2\text{O bereaksi} \times \text{BM air}$$

$$= 136.213,209 \times 0,018$$

$$= 2.451,837762 \text{ Kg}$$

Massa H₂O sisa :

$$= \text{massa H}_2\text{O mula-mula} - \text{Massa air bereaksi}$$

$$= 265.861,98 - 2.451,837762$$

$$= 263.410,1422 \text{ Kg}$$

Massa glukosa yang terbentuk :

$$= \text{mol glukosa} \times \text{BM glukosa}$$

$$= 136.213,209 \times 0,18$$

$$= 24.518,37762 \text{ Kg}$$

Massa glukosa sisa yang terbentuk = massa glukosa yang terbentuk

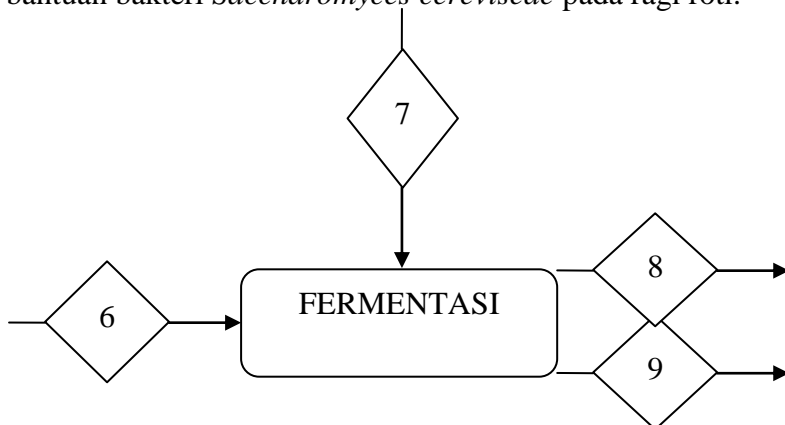
$$= 24.518,37762 \text{ Kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <3>		Aliran <6>	
Karbohidrat	26.586,19	Karbohidrat	4.519,65
Air	1.000	Air	263.410,14
Protein	128,25	Protein	128,25
Abu	127,81	Abu	127,81
Lemak	157,73	Lemak	157,73
Serat	1,80	Serat	1,809
Kalsium	193,05	Kalsium	193,05
Fosfor	31,59	Fosfor	31,59

Zat besi	0,43	Zat besi	0,43
Vitamin B	0,03	Vitamin B	0,03
Vitamin C	4,72	Vitamin C	4,72
	28.231,63	Glukosa	24.518,37
Aliran <4>		Enzim	2.989.444,86
		Stargen TM	002
Air	265.861,98		
Aliran <5>			
Enzim	2.989.444,86		
Stargen TM			
002			
TOTAL	3.283.538,48	TOTAL	3.283.538,48

A.3 Fermentasi

Tujuan: Mengkonversi glukosa menjadi etanol dengan bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* pada ragi roti.



Aliran <6>

Karbohidrat = 4.519,65814 Kg
 Air = 263.410,1422 Kg
 Protein = 128,25 Kg

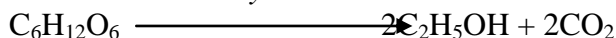
Abu	=	127,818 Kg
Lemak	=	157,734 Kg
Serat	=	1,809 Kg
Kalsium	=	193,05 Kg
Fosfor	=	31,59 Kg
Zat Besi	=	0,432 Kg
Vitamin B	=	0,0324 Kg
Vitamin C	=	4,725 Kg
Glukosa	=	24.518,37762 Kg
Enzim Stargen™ 002	=	2.989.444,863 Kg
TOTAL	=	3.283.538,481 Kg

Aliran <7>

Ragi Roti yang ditambahkan	= 1,3% dari volume larutan
	= 0,013 gram ragi roti yang dibutuhkan
(KH ₂ PO ₄)	= 1,3% dari volume larutan
	= 0,013 gram
Urea	= 1,3% dari volume larutan
	= 0,013 gram

Reaksi Fermentasi

Saccharomyces cerevisiae



Konversi reaksi glukosa= 88%

BM C₆H₁₂O₆ = 180 Kg/mol

BM C₂H₅OH = 46 Kg/mol

BM CO₂ = 44 Kg/mol

Mol C₆H₁₂O₆ awal = $\frac{24.518,37762}{180} = 136,213209 \text{ Kmol}$

Mol C₆H₁₂O₆ yang bereaksi = 0,88 x 136,213209
= 119,8676239 Kmol

$$\text{Mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ sisa} = (136,213209 - 119,8676239)$$

$$= 16,3455851 \text{ Kmol}$$

$$\text{Mol C}_2\text{H}_5\text{OH yang terbentuk} = 2 \times 119,8676239 \\ = 239,7352478 \text{ Kmol}$$



$$\text{M: } 136,213209$$

$$\text{R: } 119,8676239 \quad 119,8676239 \quad 119,8676239$$

$$\text{S : } 16,3455851 \quad 119,8676239 \quad 119,8676239$$

$$\text{Massa C}_2\text{H}_5\text{OH yang terbentuk} = 239,7352478 \times 46 \\ = 11.027,8214 \text{ Kg}$$

$$\text{Mol CO}_2 \text{ yang terbentuk} = 2 \times 119,8676239 \\ = 239,7352478$$

$$\text{Massa CO}_2 \text{ yang terbentuk} = 239,7352478 \times 44 \\ = 10.548,3509 \text{ Kg}$$

Aliran <8>

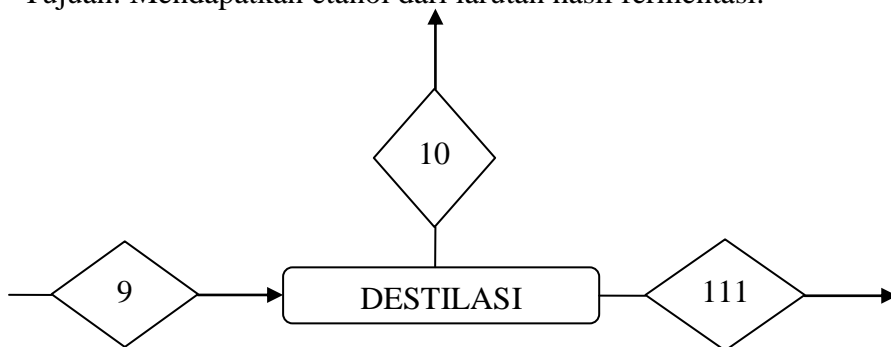
$$\text{CO}_2 \text{ terbentuk} = \frac{2}{2} \times \text{mol etanol yang terbentuk} \\ = \frac{2}{2} \times 239,7352478 \\ = 239,7352478 \text{ mol} \\ = 10.548,3509 \text{ Kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <6>		Aliran <9>	
Karbohidrat	4.519,65	Karbohidrat	4.519,65
Air	263.410,14	Air	263.410,14
Protein	128,25	Protein	128,25
Abu	127,81	Abu	127,81
Lemak	157,73	Lemak	157,73
Serat	1,80	Serat	1,80
Kalsium	193,05	Kalsium	193,05

Fosfor	31,59	Fosfor	31,59
Zat besi	0,43	Zat besi	0,43
Vitamin B	0,03	Vitamin B	0,03
Vitamin C	4,72	Vitamin C	4,72
Glukosa	24.518,37	Glukosa	2.942,20
Enzim	2.989.444,86	Enzim	2.989.444,86
Stargen TM 002		Stargen TM 002	
	3.283.538,48	C ₂ H ₅ OH	11.027,82
	Aliran <7>	Biomass	0,03
Ragi Roti	0,01		3.271.990,16
KH ₂ PO ₄	0,01	Aliran <8>	
Urea	0,01	CO ₂	10.548,35
	0,03		
TOTAL	3.283.538,52	TOTAL	3.283.538,52

A.4 Destilasi

Tujuan: Mendapatkan etanol dari larutan hasil fermentasi.



Aliran <9>

Karbohidrat	=	4.519,65814 Kg
Air	=	263.410,1422 Kg
Protein	=	128,25 Kg

Abu	=	127,818 Kg
Lemak	=	157,734 Kg
Serat	=	1,809 Kg
Kalsium	=	193,05 Kg
Fosfor	=	31,59 Kg
Zat Besi	=	0,432 Kg
Vitamin B	=	0,0324 Kg
Vitamin C	=	4,725 Kg
Glukosa	=	2.942,205318 Kg
Enzim Stargen™ 002	=	2.989,444,863 Kg
C ₂ H ₅ OH	=	11.027,8214 Kg
Biomass	=	0,039 Kg
TOTAL	=	3.271.862,351 Kg

Aliran <10>

Volume produk	=	116,410 L
P produk	=	0,816 Kg/L
Massa etanol	=	11.027,8214 Kg
Konsentrasi produk	=	89%
Etanol teruapkan	=	0,89 x 11.027,8214
	=	9.814,761046 Kg
Air yang teruapkan	=	0,11 x 11.027,8214
	=	1.213,060354 Kg

Aliran <11>

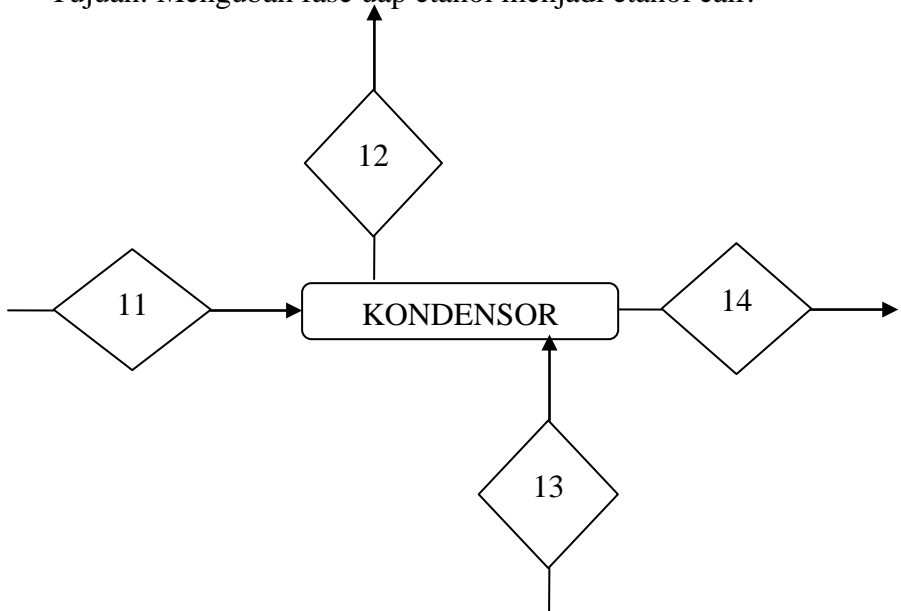
C ₂ H ₅ OH	=	1.123,060354
H ₂ O	=	262.159,2639

Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <9>		Aliran <10>	
Karbohidrat	4.519,65	C ₂ H ₅ OH	9.814,76

Air	263.410,14	Steam H ₂ O	1.213,06
Protein	128,25		11.027,82
Abu	127,81	Aliran <11>	
Lemak	157,73	Karbohidrat	4.519,65
Serat	1,80	Air	262.159,26
Kalsium	193,05	Protein	128,25
Fosfor	31,59	Abu	127,81
Zat besi	0,43	Lemak	157,73
Vitamin B	0,03	Serat	1,80
Vitamin C	4,72	Kalsium	193,05
Glukosa	2.942,20	Fosfor	31,59
Enzim	2.989.444,86	Zat besi	0,43
Stargen TM 002		Vitamin B	0,03
C ₂ H ₅ OH	11.027,82	Vitamin C	4,725
Biomass	0,03	Glukosa	2.942,20
		Enzim	2.989.444,86
		Stargen TM 002	
		Biomass	0,03
		C ₂ H ₅ OH	1.123,06
			3.260.872,34
TOTAL	3.271.862,35	TOTAL	3.271.862,35

A.5 Kondensor

Tujuan: Mengubah fase uap etanol menjadi etanol cair.



Aliran <11>

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1.123,060354 \text{ Kg}$$

$$\text{Air} = 262.159,2639 \text{ Kg}$$

Aliran <12>

$$\text{Air Pendingin} = 2.000 \text{ Kg}$$

Aliran <13>

$$\text{Air Pendingin} = 2.000 \text{ Kg}$$

Aliran <14>

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1.123,060354 \text{ Kg}$$

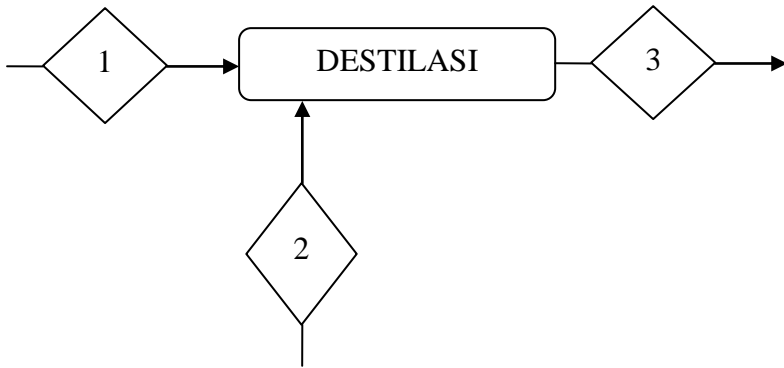
$$\text{Air} = 262.159,2639 \text{ Kg}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Komposisi (Kg)	Komponen	Komposisi (Kg)
Aliran <11>		Aliran <12>	
C ₂ H ₅ OH	1.123,06	Air	2.000
Air	262.159,26	Pendingin	
	263.282,32	Aliran <14>	
Aliran <13>		C ₂ H ₅ OH	1.123,06
Air	2.000	Air	262.159,26
Pendingin			263.282,32
TOTAL	265.282,32	TOTAL	265.282,32

APPENDIKS B NERACA PANAS

B.1 Destilasi

Tujuan: Mengambil etanol dari proses fermentasi berdasarkan titik didih etanol



PANAS MASUK

Aliran 1 (hasil fermentasi)

Komposisi	Massa (Kg)	Cp (Kkal/ Kg ⁰ C)	ΔT (⁰ C)	Entalphy
Karbohidrat	4.519,65814	0,572	5	12.926,22228
H ₂ O	263.410,1422	1,0062	5	1.325.216,425
Protein	128,25	0,3	5	192,375
Abu	127,818	0,1993	5	127,3706
Lemak	157,734	0,4	5	315,468
Serat	1,809	0,32	5	2,8944
Kalsium	193,05	0,155	5	149,61375
Fosfor	31,59	0,2	5	31,59
Zat Besi	0,432	0,09	5	0,1944
Vitamin B ₁₁	0,0324	0,3	5	0,0486

Vitamin C	4,725	0,4	5	9,45
C ₂ H ₅ OH	11.027,8214	0,58	5	31.980,68206
Biomass	0,039	0,32	5	0,0624
Glukosa	2.942,205318	0,3	5	4.413,307977
Enzim Stargen TM 002	2.989.444,863	0	5	0
TOTAL	3.271.990,169			1.375.365,704

T bahan masuk= 30⁰C

T air proses masuk= 30⁰C

T bahan keluar= 78⁰C

Data Cp

Cp etanol= 0,58 Kkal/Kg⁰C (Hougen, p-270)

Cp glukosa= 0,3 Kkal/Kg⁰C

Cp air pada 30⁰C= 1,0062 Kkal/Kg⁰C (Geankoplis, hal. 856)

Cp air pada 78⁰C= 1,0029 Kkal/Kg⁰C (Geankoplis, hal. 856)

PANAS KELUAR

Komposisi	Massa (Kg)	Cp (Kkal/Kg ⁰ C)	T	Entalphy
Aliran 4 (etanol)				
C ₂ H ₅ OH	9.814,761046	0,58	53	301.705,7546
Steam H ₂ O	1.123,060354	1,0029	53	59.694,81314
Total	10.937,8214			361.400,5677
Aliran 2 (residu)				
Karbohidrat	4.519,65814	0,572	53	137.017,9562
Air	262.159,2639	1,0062	53	13.980.586,52
Protein	128,25	0,3	53	2.039,175
Abu	127,818	1,1993	53	1.350,128752
Lemak	157,734	0,4	53	3.343,9608
Serat	1,809	0,32	53	30,68064

Kalsium	193,05	0,155	53	1.585,90575
Fosfor	31,59	0,2	53	334,854
Zat besi	0,432	0,09	53	2,06064
Vitamin B	0,0324	0,3	53	0,51516
Vitamin C	4,725	0,4	53	100,17
Glukosa	2.942,205318	0,3	53	46.781,06456
Enzim Stargen TM 002	2.989.444,863	0	53	0
Biomass	0,039	0,32	53	0,66144
C ₂ H ₅ OH	1.123,060354	0,4	53	23.808,8795
Total	3.260.834,53			14.151.130,88
TOTAL	3.271.772,351			14.512.531,45

Aliran 3 (Heater)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{heater}} &= Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}} \\
 &= 14.512.531,45 - 1.375.365,704 \\
 &= 13.137.165,74
 \end{aligned}$$

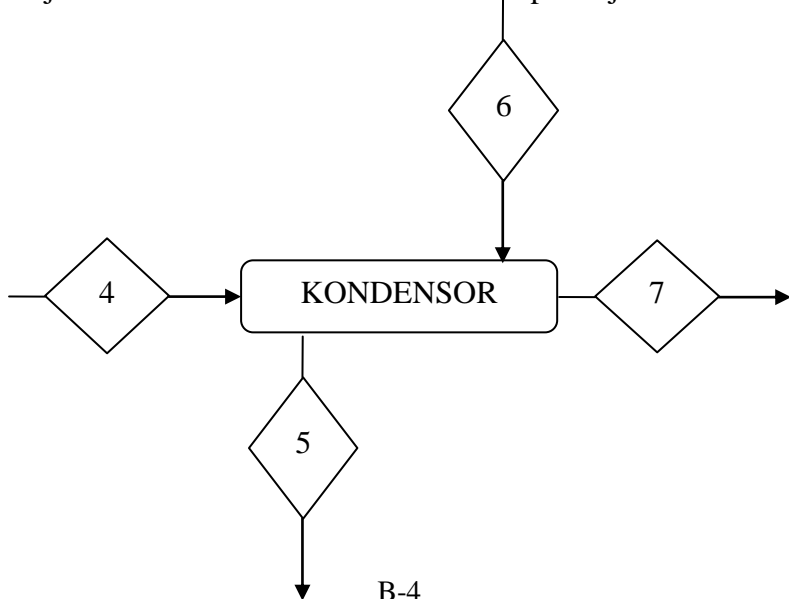
Neraca Panas Destilasi

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
Aliran <1>		Aliran <4>	
Karbohidrat	12.926,22228	C ₂ H ₅ OH	301.705,7546
Air	1.315.338,545	Steam H ₂ O	59.694,81314
Protein	192,375	Total	361.400,5677
Abu	127,3706	Aliran <2>	
Lemak	315,468	Karbohidrat	137.017,9562
Serat	2,8944	Air	13.934.734,87
Kalsium	149,61375	Protein	2.039,175
Fosfor	31,59	Abu	1.350,128752
Zat besi	0,1944	Lemak	3.343,9608

Vitamin B	0,0486	Serat	30,68064
Vitamin C	9,45	Kalsium	1.585,90575
Glukosa	4.413,307977	Fosfor	334,854
Enzim	0	Zat besi	2,06064
Stargen™ 002			
C ₂ H ₅ OH	31.980,68206	Vitamin B	0,51516
Biomass	0,0624	Vitamin C	100,17
	1.375.365,704	Glukosa	46.781,06456
Aliran <3>		Enzim	0
		Stargen™ 002	
Q Heater	13.137.165,74	Biomass	0,66144
		C ₂ H ₅ OH	34.522,87528
			14.151.130,88
TOTAL	14.512.531,45	TOTAL	14.512.531,45

B.2 Kondensor

Tujuan: merubah fase etanol dari fase uap menjadi fase cair.



NERACA PANAS MASUK

Aliran 4 (steam etanol)

Komposisi	Massa (Kg)	Cp (Kkal/Kg ⁰ C)	ΔT (⁰ C)	Entalphy
Etanol	1.123,060354	0,552	53	32.856,25372
Steam H ₂ O	262.159,2639	1,0029	53	13.934.734,87
Total	263.282,32			13.967.591,12

Aliran 6 (air pendingin)

Komposisi	Massa (Kg)	Cp (Kkal/Kg ⁰ C)	ΔT (⁰ C)	Entalphy
H ₂ O	2.000	0,9987	5	9.987
Total	2.000			9.987
TOTAL	265.282,32			13.977.578,12

NERACA PANAS KELUAR

Aliran 5 (air pendingin)

Komposisi	Massa (Kg)	Cp (Kkal/Kg ⁰ C)	ΔT (⁰ C)	Entalphy
H ₂ O	2.000	0,9987	5	9.987
Total	2.000			9.987

Aliran 7 (etanol)

Komposisi	Massa (Kg)	Cp (Kkal/Kg ⁰ C)	ΔT (⁰ C)	Entalphy
Etanol	1.123,060354	0,552	53	32.856,25372
H ₂ O	262.159,2639	1,0029	53	13.934.734,87
Total	263.282,32			13.967.591,12
TOTAL	265.282,32			13.977.578,12

Neraca Panas Kondensor

Masuk	Keluar
-------	--------

Komponen	Enthalpy	Komponen	Enthalpy
Aliran <4>		Aliran <5> Air Pendingin	
Etanol	32.856,25372	H ₂ O	9.987
Steam H ₂ O	13.934.734,87	Aliran <7> Produk (Etanol)	
	13.967.591,12	Etanol	32.856,25372
Aliran <6> Air Pendingin		H ₂ O	13.934.734,87
H ₂ O	9.987		13.967.591,12
TOTAL	13.977.578,12	TOTAL	13.977.578,12

APPENDIKS C PERHITUNGAN

1. Analisa Kadar Air

Menghitung kandungan air pada kulit pisang.

Berat cawan kosong (W₀) = 31,281 gr

Berat cawan+sampel (W₁) = 32,307 gr

Berat cawan+sampel setelah dioven pada suhu 40°C selama 1 jam (W₂) = 32,113 gr

$$\text{Kadar air} = \frac{(W_1 - W_0) - (W_2 - W_0)}{(W_1 - W_0)} \times 100\%$$

$$= \frac{(32,307 - 31,281) - (32,113 - 31,281)}{(32,307 - 31,281)} \times 100\%$$

$$= 9,57\%$$

2. Analisa Kadar Gula

$$\text{Perhitungan kadar gula tereduksi} = \frac{22,13 \times 5,076}{\text{Vol. Titrasi}}$$

Diketahui hasil titrasi setelah fermentasi selama 24 jam pada variabel bahan Kulit Pisang sebesar = 6,7 ml

Jadi, kadar gula tereduksinya sebesar = 16,76 gr/L

3. Analisa Kadar Etanol

Diketahui berat pikno kosong = 11,13 gr

Diketahui berat pikno isi = 19,00 gr

Diketahui volume larutan = 10 ml

Massa etanol = 19,00 – 11,13 gr
= 7,87 gr

Berat jenis = massa/volume
= 7,87/10
= 0,787 gr/ml

Jadi, kadar etanol yang diperoleh sebesar 95% (*perry p-2-112*)

BIODATA PENULIS



Dikko Candra Priatna, lahir di Ngawi, 24 Desember 1995. Merupakan anak sulung dari tiga bersaudara. Alamat rumah berada di Jl. Mojo Indah A0. 17 Perumnas Mojopurno, Madiun. Penulis telah menempuh pendidikan formal, antara lain MIN Manisrejo Madiun, SMPN 4 Madiun, SMAN 3 Madiun, dan DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS. Memiliki hobi olahraga meskipun jarang (terutama badminton, jogging), riding/touring sesuka hati. Memiliki motto hidup “hari ini harus lebih baik dari hari kemarin dan tetap ambisius”.

Selama kuliah di ITS, penulis pernah melaksanakan kerja praktek/KP di PG Pagottan, Madiun selama kurang lebih satu bulan.

E-mail: dcandra.dikko.candra@gmail.com



Firman Aditya, lahir di Surabaya, 10 April 1996. Anak bungsu dari tiga bersaudara. Alamat rumah Jl.Sidosermo PDK 5A/ 58, Surabaya. Penulis menempuh pendidikan formal, antara lain SD Laboratorium UNESA, SMPN 39 Surabaya, SMAN 16 Surabaya, dan DIII Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi – ITS. Hobi membaca, nonton dan bermain game. Motto hidup “Sholat itu penting, bukan yang penting sholat”.

Selama kuliah di ITS penulis melaksanakan kerja praktek di PG.Gempolkrep, Mojokerto selama 1 bulan.

E-mail : firmanadityaif@gmail.com